Populäres
Physikaliſches
Lexikon

oder

Handwörterbuch

der

geſammten Naturlehre

für

die Gebildeten aus allen Ständen

von

Gotthard Oswald Marbach,
Doctor der Philoſophie und akademiſchem Docenten zu Leipzig.

Vierter Band.

N bis Z.

Was du ererbt von deinen Vätern haſt,
Erwirb es, um es zu beſitzen.
Göthe.

Leipzig, 1837.
Verlag von Otto Wigand.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Register

zum vierten Bande

des populären phyſikaliſchen Lexicons.

(Vergl. die Regiſter zum zweiten und dritten Bande.)

N. Seite

Nacht.............................. 1
Nachtgleichen...................... 2
Nadir, ſ. Scheitel.
Natrium............................ 3
Naturlehre, ſ. Phyſik.
Nebel.............................. 7
Nebelſtern, ſ. Nebelflecke.
Nebelflecke........................ 13
Nebenplaneten...................... 15
Nebenmonde, Nebenſonnen } ſ. Hof.
Neigung der Magnetnadel......... 21
Neigungsnadel, ſ. Neigung der Magnetnadel.
Neutralität, ſ. Löſungen.
Nickel............................. 48
Niveau, Nivelliren } ſ. Waſſerwage.
Nonius............................. 49
Nord. 51
Nordlicht.......................... 51
Nutation, ſ. Vorrücken der N.

O.

Objectiv, ſ. Fernrohr u. Mikroſkop.
Occident, ſ. Abend.
Ocular, ſ. Fernrohr u. Mikroſkop.
Ohr................................ 66
Opal............................... 74
Organiſche Körper.................. 75
Osmium............................. 75
Orient, ſ. Morgen.
Ort, optiſcher, = ſcheinbarer } ſ. Geſicht S. 683.
Oſt, ſ. Morgen.
Oxygen, ſ. Sauerſtoffgas.

P. Seite

Palladium.......................... 76
Pallas............................. 76
Parallaxe.......................... 77
Parallelkreiſe..................... 83
Paſſageninſtrument 83
Paſſatwinde, ſ. Winde.
Paternoſterwerk, ſ. Waſſerhebemaſchinen.
Pendel............................. 94
Periode 114
Phantasmaſkop, ſ. Stroboſkopiſche Scheibe.
Phaſen, ſ. Mond.
Phosphor........................... 114
Phosphore, ſ. Licht.
Photometrie, ſ. Licht.
Phyſik............................. 117
Piſtole, elektriſche................ 122
Planeten........................... 125
Platina............................ 151
Platte, elektriſche................ 154
Pneumatik, ſ. Mechanik.
Polariſation des Lichtes........... 156
Polarkreiſe........................ 209

Seite

Pole, ſ. Erde.
Polhöhe 209
Poroſität 209
Potaſſium 210
Präceſſion, ſ. Vorrücken d. N.
Preſſe, Bramahſche 217
= Realſche 220
= Romershauſenſche Luft=.... 224
Prisma, ſ. Brechbarkeit, Farben u. a.
Pumpe, ſ. Druckpumpe und Waſſerhebemaſchinen.
Pyrometer 225
Pyrophor 231

Q.

Quadrant 231
Quadrat, elektr., ſ. Platte.
Quadratur, ſ. Mond.
Queckſilber 233
Quellen 237

R.

Rad an der Welle 271
Rad u. Getriebe } 273
Räderwerk }
Rauminhalt, ſ. Volumen.
Reagentien 278
Recipient, ſ. Luftpumpe.
Rectaſcenſion, ſ. Sterne S. 601.
Retificiren, ſ. Deſtillation.
Reflexion, ſ. Zurückwerfung d. Lichtes.
Refraction, ſ. Brechung d. Lichtes.
Regen 278
Regenbogen 307
Regenwaſſer, ſ. Regen.
Regulator, ſ. Pendel S. 113.
Reif 311
Relativ, ſ. Abſolut.
Reſonanz 312
Reſpiration, ſ. Athmen.
Reſultante 313
Rhodium 314
Ringkugel 314
Rolle 314
Ruhe, ſ. Bewegung.
Rückſchlag, ſ. Blitz.

S.

Sättigung, ſ. Löſungen.
Säule, ſ. Galvanismus.
Säuren 319
Salze 320

Seite

Satelliten, ſ. Nebenplaneten.
Saturn 320
Sauerſtoff 323
Saugpumpe, ſ. Waſſerhebemaſchinen.
Saugſchwungmaſchine, ſ. Waſſerhebemaſchinen.
Schall 327
Schatten 384
Schaufelwerk, ſ. Waſſerhebemaſchinen.
Scheitel 388
Scheitelkreis, ſ. Scheitel.
Scheitelpunkt, ſ. Scheitel.
Schiefe der Ekliptik 389
Schiefe Ebene, ſ. Ebene, ſchiefe.
Schlag, elektr. 391
Schmelzen u. Sieden 404
Schnee 413
Schnellwage, ſ. Wage.
Schraube 419
Schwefel 424
Schwere 430
Schwerkraft, ſ. Schwere.
Schwerpunkt, ſ. Schwere.
Schwimmen 442
Secundäre Säule, ſ. Spannungsreihe.
Seen 450
Segners hydr. Maſchine, ſ. Springbrunnen S. 582.
Sehen, ſ. Auge u. Geſicht.
Sehewinkel 457
Selbſtverbrennung 457
Selen 459
Senkwage, ſ. ſpecif. Gewicht.
Sextant 460
Sicherheitslampen 463
Sideroſkop 465
Sieden, ſ. Schmelzen u. Wärme.
Silber 466
Silicium 469
Solſtitialpunkte, ſ. Sonnenwenden.
Sommer, ſ. Jahreszeiten.
Sonne 470
Sonnenfinſterniſſe, ſ. Mond.
Sonnenflecken, ſ. Sonne.
Sonnenmikroſkop, ſ. Mikroſkop.
Sonnenuhren 480
Sonnenwenden 486
Sonnenzeit, ſ. Zeit.
Spannkraft 487
Spannungsreihe, galv. 510
Specifiſch, ſ. Abſolut.
Specifiſches Gewicht 521
Spiegel 555
Spiegelkaſten } ſ. Spiegel.
Spiegelzimmer }
Spiegeleleiſkop, ſ. Fernrohr.
Spießglanz 560

Seite

Spiralpumpe, ſ. Waſſerhebemaſchinen.
Sprachgewölbe 564
Sprachrohr 564
Springbrunnen 565
Sprungkegel 586
Statik, ſ. Mechanik.
Steine vom Himmel 587
Sterne } 599
Sternbilder }
Sternkarten, ſ. Sterne.
Sternkunde, ſ. Aſtronomie.
Sternnebel, ſ. Nebelſterne.
Sternſchnuppen 602
Sternzeit, ſ. Zeit.
Stickſtoff 615
Stöchiometrie, ſ. Verwandtſchaft, chem.
Stoßheber 620
Strahlen der Wärme, ſ. Wärme.
Stroboſkopiſche Scheibe 622
Ströme 627
Strom, elektr., ſ. Galvanismus u. Elektromagnetismus.
Strontium 644
Stürme, ſ. Winde.
Stundenkreis } ſ. Zeit.
Stundenwinkel }
Subblimation 644
Südlicht, ſ. Nordlicht.
Sümpfe 645
Sympiezometer 649
Syzygien 651

T.

Tag 651
Tantal 652
Taucherglocke 653
Teleſkop, ſ. Fernrohr.
Tellur 655
Temperatur, ſ. Thermometer, Erde, Wärme.
Thau 656
Theilbarkeit 660
Theodolit, ſ. Vervielfältigungskreis u. ſ. w.
Thermoelektricität, ſ. Galvanismus.
Thermometer 661
Thierkreis 712
Thierkreislicht 713
Thorium 713
Titan 714
Ton, ſ. Schall.
Trabanten, ſ. Nebenplaneten.
Trägheit, ſ. Bewegung.

Seite

Trillinge, ſ. Räderwerk.
Trombe, ſ. Waſſerhoſe.
Tropfbare Flüſſigkeiten 714
Tropfenbildung, ſ. tropfbare Flüſſigkeiten.

U.

Undurchdringlichkeit 723
Undurchſichtigkeit, ſ. Licht.
Untergang, ſ. Aufgang.
Uran 724
Uranus 724

V.

Vacuum, ſ. Barometer und Luftpumpe.
Vanadin 725
Variation der Magnetnadel, ſ. Magnet u. Neigung der M.
Ventilator 726
Ventile, ſ. Dampfmaſchine.
Venus 730
Vera's hydr. Maſchine, ſ. Adhäſion S. 28.
Verbindung, chem 733
Verbrennung 734
Verdunſtung 751
Verdunſtungsmeſſer, ſ. Verdunſtung.
Vernier, ſ. Nonius.
Vervielfältigungskreis 763
Verwandtſchaft, chem 782
Volumen 797
Vorrücken der Nachtgleichen 798
Vulkane, ſ. Berge.

W.

Wärme 802
Wage 860
Wahlverwandtſchaft, ſ. Verwandtſchaft, chem.
Wanken der Erdaxe, ſ. Vorrücken der Nachtgleichen.
Waſſer, ſ. Waſſerſtoff.
Waſſerblei 875
Waſſerhammer 876
Waſſerhebemaſchinen 876
Waſſerhoſe 894
Waſſerſäulenmaſchine, ſ. Waſſerhebemaſchinen.
Waſſerſchnecken, ſ. Waſſerhebemaſchinen.

Seite

Waſſerſchraube, ſ. Waſſerhebemaſchinen.
Waſſerſtoff 902
Waſſerwage 905
Waſſerziehen der Sonne 909
Weingeiſt 909
Wendekreiſe 922
Weſt, ſ. Abend.
Wetter 922
Wetterfahne, ſ. Winde.
Wetterharfe 935
Wetterleuchten 935
Widder, hydr., ſ. Stoßheber.
Winde 935
Windbüchſe, ſ. Compreſſionsmaſchine.
Windharfe, ſ. Aeolsharfe.
Windkugel, ſ. Dampfkugel.
Windmeſſer, ſ. Winde.
Windroſe, ſ. Compaß S. 392.
Winter, ſ. Jahreszeiten.
Wismuth 958
Witterung, ſ. Wetter.
Wolfram 959
Wolken 959

Seite

Y.

Yttrium 969

Z.

Zauberlaterne, ſ. Magie, natürl.
Zauberſpiegel, ſ. Magie, natürl.
Zeichen des Thierkreiſes, ſ. Thierkreis.
Zeit 970
Zenith 973
Zerſtreuung des Lichtes 973
Zimmer, verfinſtertes, ſ. Kammer, dunkele.
Zink 985
Zinn 987
Zirconium 989
Zitterfiſche 989
Zodiakallicht, ſ. Thierkreislicht.
Zodiakus, ſ. Thierkreis.
Zonen, ſ. Erde S. 269.
Zurückwerfung des Lichtes 1000
Zuſammenſetzung der Kräfte, ſ. Bewegung S. 290.
Zuſammentreffen der Lichtſtrahlen 1003

Indem ich dem Publikum das fertige Werk übergebe, bitte ich um nachſichtsvolle Aufnahme und bemerke, daß durch den baldigſt herzuſtellenden Regiſterband die Vollſtändigkeit des Werkes noch deutlicher in die Augen treten, und das Nachſchlagen über Einzelheiten erleichtert werden wird. Manches in entfernterer Beziehung zur Phyſik ſtehende, ſo wie manches die Theorie betreffende wäre noch aufgenommen worden, wenn es der ohnehin ſchon über die ihm urſprünglich angewieſenen Grenzen hinausgegangene Umfang des Werkes erlaubt hätte. Faßt man, wie billig, die Tendenz dieſes Werkes ins Auge, ſo hoffe ich, daß man bei Unterſuchung ſeines Inhaltes eher zu viel als zu wenig finden wird.

Der Verfaſſer.

Druck von Breitkopf u. Härtel in Leipzig.

N.

Nacht heißt (in der Aſtronomie) die Zeit von einem Sonnenuntergange bis zum nächſten Sonnenaufgange. Die Nacht macht den Gegenſatz des Tages aus, wenn man unter Tag die Zeit von einem Sonnenaufgang bis zum nächſten Sonnenuntergange verſteht; einen Theil des Tages, wenn man unter Tag die Zeit von einem Mittag bis zum nächſten begreift. Während der Nacht befindet ſich die Sonne ſcheinbar unterhalb der Erde, in Bezug auf den Ort, wo jene herrſcht, oder die Erde kehrt diejenige Seite, auf welcher dieſer Ort liegt, von der Sonne ab. So wie ſich die Erde um ihre Axe umdreht, kehrt ſie nach und nach jeden Ort erſt der Sonne zu, dann von ihr ab, und ſo wechſeln für jeden Ort Tag und Nacht. Da ſich die Sonne während der Nacht unterhalb des Horizontes befindet, während des Tages oberhalb deſſelben, ſo wechſeln wie Nacht und Tag, ſo auch Finſterniß und Licht. Da das Licht nicht augenblicklich der Finſterniß weicht, ſo wie die Sonne unter den Horizont ſinkt, und eben ſo das Licht nicht augenblicklich die Finſterniß verdrängt, ſo wie die Sonne über den Horizont ſich erhebt, ſondern der Wechſel zwiſchen Licht und Finſterniß (durch die Dämmerung) ſtets allmälig geſchieht, ſo rechnet man im gemeinen Leben die Länge der Nacht nicht genau nach dem Gange der Sonne, ſondern kürzer, von dem Aufhören der Abenddämmerung bis zum Anfange der Morgendämmerung.

Nur unter dem Aequator iſt die Nacht (nach aſtronomiſcher Beſtimmung) ſtets eben ſo lang als der Tag und jede Nacht der andern gleich. An den meiſten Orten der Erde findet in dieſer Beziehung eine ſehr große Verſchiedenheit ſtatt. Bei uns iſt bekanntlich zweimal des Jahres Tag und Nacht gleich lang, außerdem aber iſt die Nacht entweder länger oder kürzer als der Tag. Zur Zeit der zwei Nachtgleichen iſt auf der ganzen Erde Tag und Nacht völlig gleich, alſo jedes 12 Stunden lang. Zu der Zeit wo wir den längſten Tag haben, geht unter dem Polarkreiſe die Sonne gar nicht unter, ſondern ſteht 24 Stunden über dem Horizonte, und während wir die längſte Nacht haben, herrſcht unter dem Polarkreiſe eine Nacht von 24 Stunden. Je näher man den Polen kommt, deſto länger dauert der längſte Tag, deſto länger auch die längſte Nacht und unter dem Pole ſelbſt wechſelt das ganze Jahr hindurch nur einmal Tag und Nacht, indem die Nacht 6 Monate und eben ſo lange der Tag währt. Die Nacht wird übrigens durch verſchiedene Umſtände, namentlich in den Gegen-

den, wo ſie am längſten iſt, bedeutend abgekürzt. Die Aſtronomen nehmen als Grenzen der Nacht die Augenblicke an, in denen der Mittelpunkt der Sonne im Horizont ſteht. Da aber die Sonne einen merklichen Durchmeſſer hat, ſo leuchtet der obere Sonnenrand noch wenn die Nacht begonnen, und ſchon ehe ſie aufgehört hat. In unſeren Gegenden iſt dieſer Umſtand von nur geringem Einfluß, am Pole aber bleibt der obere Sonnenrand 16 Stunden länger über dem Horizont als der Mittelpunkt der Sonne. Bedeutender wird die Nacht durch die Strahlenbrechung abgekürzt. Dieſe iſt Urſache, daß bei uns die Sonne 4 Minuten eher und 4 Minuten ſpäter noch geſehen wird, als ſie eigentlich wirklich auf- und untergeht. Viel größer noch iſt der Einfluß der Strahlenbrechung in den Polargegenden. Holländer die im J. 1597 auf Nova-Zembla übernachteten, wollen die Sonne ſchon den 24. und 27. Januar geſehen haben und nach dieſer Angabe wäre die Polarnacht damals um 2 Wochen abgekürzt geweſen. Endlich bewirkt die Dämmerung eine bedeutende Abkürzung der Nacht, wiederum am ſtärkſten in den Polargegenden. Zur Zeit der längſten Tage iſt die kurze Nacht ſo von der Dämmerung erleuchtet, daß eine tiefe Finſterniß gar nicht eintritt. Während der langen Nächte tritt eine Dämmerung ein, ſobald ſich die Sonne dem Horizonte nähert, auch wenn ſie nicht über denſelben emportritt. — Die Mitte der Nacht, 12 Stunden nach und 12 Stunden vor Mittag heißt **Mitternacht**. Zur Zeit der Mitternacht an einem beſtimmten Orte geht die Sonne durch den Meridian deſſelben auf der anderen Seite der Erde. Ueber die Himmelsgegend, welche Mitternacht genannt wird, ſ. d. Art. **Nord**.

Nachtgleichen, Tag- und Nachtgleichen, (lat.) **Aequinoctium**, **Zeit der Nachtgleichen** heißen diejenigen zwei Tage des Jahres, wo auf der ganzen Erde Tag und Nacht gleich ſind. Der eine dieſer Tage, die **Frühlingsnachtgleiche** fällt auf den 21. März die andere, die **Herbſtnachtgleiche** auf den 23. September. Weil das Jahr etwas länger als 365 Tage iſt, ſo treffen die Nachtgleichen nicht immer genau ein, doch ſind die Einſchaltungen jetzt ſo eingerichtet, daß ſie ſich nie bedeutend von den angegebenen Tagen entfernen. Zur Zeit der Nachtgleichen geht die Sonne genau im Oſtpunkte auf und im Weſtpunkte unter. Die Nachtgleichen treten aſtronomiſch dann ein, wenn ſich der Mittelpunkt der Sonne in der Ebene des Aequators des Himmels befindet, oder wenn ein Beobachter unter dem Aequator der Erde, die Sonne genau im Zenith hat. Daher währt die eigentliche Nachtgleiche nur einen Augenblick, nicht einen Tag. Die **Nachtgleichenpunkte** ſind die Punkte, in welchen die Ekliptik den Aequator ſchneidet. Da auf der ſüdlichen Halbkugel die Jahreszeiten ſo folgen, daß dort Frühling iſt, während bei uns Herbſt und umgekehrt, ſo iſt die Herbſtnachtgleiche der nördlichen Halbkugel die Frühlingsnachtgleiche der ſüdlichen Hemiſphäre und eben ſo die Frühlingsnachtgleiche bei uns die Herbſtnachtgleiche für die ſüdl. Halbkugel. — S. d. Art. **Vorrücken der Nachtgleichen**.

Natrium, Natronium, Natronmetall, ein leichtes Metall, welches zuerſt von Davy wie das Kalium mit Hilfe des Galvanismus aus Natron dargeſtellt wurde. Im Mineralreich kommt es ſehr häufig vor: als Steinſalz an Chlor gebunden; als Oxyd mit Salzſäure verbunden im Meerwaſſer, den Salzſoolen; in einigen Seen und Quellen an Kohlenſäure, Boraxſäure, Schwefelſäure gebunden; in feſter Form an Salpeterſäure gebunden. Mehre Steinarten enthalten es, namentlich Natrolith, Sodalith, Kryolith, Gay-Lußit, Glauberit u. a. Ferner enthalten auch beſonders die am Meere vorkommenden Gewächſe Natrium, und endlich findet es ſich in vielen thieriſchen Flüſſigkeiten. Das Natrium hat ein ſpecif. Gewicht = 0,9348 nach Davy, = 0,9722 nach Gay-Luſſac, iſt übrigens dem Kalium ſehr ähnlich, aber weniger flüchtig, nämlich erſt in ſtarker Rothglühhitze. Es erweicht bei + 50° C. und iſt bei + 90° vollkommen flüſſig. — Zu dem Sauerſtoffe hat es eine ſehr große Verwandſchaft. Es zerſetzt raſch das Waſſer bei gewöhnlicher Temperatur, ohne ſich jedoch ſo leicht wie Kalium hierbei zu entzünden. Die Entzündung erfolgt aber leicht, wenn Natrium auf ſchleimiges Waſſer geworfen wird. Man unterſcheidet 3 verſchiedene Oxydationsſtufen: Suboxyd, Oxyd, Hyperoxyd. Das Oxyd iſt das Natron. Daſſelbe iſt eine graue Maſſe von muſcheligem Bruch, die weniger ätzt als Kali, übrigens aber ganz wie dieſes ſich verhält. Früher wurde es Mineralalkali genannt, und die franzöſiſchen und engliſchen Chemiker nennen es Soda, welchen Namen wir nur der im Handel vorkommenden rohen Soda geben. Das Natron hat große Verwandſchaft mit dem Waſſer. Das trockne Natronhydrat (ätzendes Natron oder Mineralalkali) heißt im gelöſten Zuſtande ätzende Natronflüſſigkeit, (Seifenſiederlauge). Das Natronhydrat gleicht äußerlich dem Kalihydrate, hat aber ein ſpecif. Gewicht = 2,00, und iſt etwas weniger flüchtig und ätzend als Kali. Wie das Kali zerfließt das Natron anfangs an der Luft, erhärtet jedoch bald durch Anziehen von Kohlenſäure. Mit Säuren bildet das Natron die Natronſalze, welche ſämmtlich im Waſſer löslich ſind. — Mit dem Stickſtoff verbindet ſich das Natrium zu ſalpeterſaurem Natron (kubiſcher oder Rhomboidal-Salpeter), welches ſich in Peru in großer Menge natürlich vorkommend findet. Dieß Salz kryſtalliſirt in weißen, durchſichtigen, ſtumpfen Rhomboëdern von 2,096 ſpecif. Gewicht, und beſitzt doppelte Strahlenbrechung. Es ſchmeckt dem Salpeter ähnlich, aber bitterer; löſt ſich in 2 Theilen kalten und in weniger als einem dem ſeinen gleichen Gewichte kochenden Waſſers. Uebrigens verhält ſich daſſelbe ähnlich dem Kaliſalpeter, verpufft jedoch mit verbrennlichen Subſtanzen minder heftig. Mit Kohle und Schwefel verpufft es unter ſchöner pomeranzengelber Farbe. Man bedient ſich deſſelben bei Feuerwerken. — Das Chlornatrium (ſalzſaures Natron, Kochſalz, Steinſalz, Meerſalz) findet ſich bekanntlich ſehr häufig in der Natur, macht einen Beſtandtheil des Meerwaſſers aus, findet ſich in den Salzflötzen und in einigen Sandwüſten als Steinſalz, und aufgelöſt in den Salzſoolen. Faſt in allen thieriſchen Säften und in mehren Pflanzen kommt es vor. Aus den Auflöſungen

wird es durch Abdunſtung des Waſſers gewonnen. Es kryſtalliſirt in farblos durchſichtigen Würfeln, ſelten in Oktaëdern. Sein ſpecif. Gewicht iſt = 2,17. Es iſt luftbeſtändig, und von rein ſalzigem Geſchmack. Das gewöhnliche, ſchnell kryſtalliſirte Salz verkniſtert auf dem Feuer, ſchmilzt leicht in der Rothglühhitze und verflüchtigt ſich unzerſetzt in der Weißglühhitze. Im Waſſer iſt das Kochſalz leicht löslich und verwandelt ſich dabei in ſalzſaures Natron. Nach Fuchs iſt das Kochſalz gleich löslich in kaltem und in heißem Waſſer; 100 Theile Waſſer löſen 37 Theile Salz. Daſſelbe iſt auch in wäſſrigem Weingeiſte etwas löslich. Wenn eine geſättigte Kochſalzauflöſung einer Temperatur von — 8 bis 9° R. ausgeſetzt wird, ſo erhält man (nach Lowitz und Fuchs) kryſtalliſirtes ſalzſaures Natron. Die Kryſtalle ſind tafelartig und oft über 1 Zoll lang. Die vielfache Anwendung des Kochſalzes iſt bekannt. — Das chlorichtſaure Natron (Chlornatron, natronhaltige Bleiflüſſigkeit und natronhaltiges Bleichpulver hat dieſelben Eigenſchaften wie das chlorichtſaure Kali, daher auch dieſelbe Anwendung. — Das chlorſaure Natron (oxychlorinſaures, oxyhalogenirtes, überoxydirt ſalzſaures Natron) iſt ähnlich dem chlorſauren Kali. Es kryſtalliſirt in farblos durchſichtigen, ſehr ſtumpfen, ſchiefen rhombiſchen Säulen oder Tafeln. Es iſt in Waſſer und Weingeiſt viel löslicher als das Kaliſalz. — Minder wichtig ſind die Verbindungen des Natrium's mit Brom (Bromnatrium und hydrobromſaures Natron), mit Jod (Jodnatrium und hydriodſaures Natron, ferner iodſaures Natron), mit Fluor (Fluornatrium). — Das Schwefelnatrium (Schwefelnatron, Natronſchwefelleber) iſt analog der entſprechenden Verbindung des Schwefels mit Kali. Das ſchwefelſaure Natron oder Glauberſalz wurde 1658 von Glauber entdeckt, und findet ſich natürlich in vielen Salz- und Mineralquellen. Daſſelbe kryſtalliſirt in waſſerhellen, ſchiefen rhombiſchen Säulen, oder unregelmäßig ſechsſeitigen geſtreiften Säulen mit 2, 4 oder 6 Flächen zugeſpitzt, und hat einen kühlenden, bitterlich ſalzigen Geſchmack. Das Salz verwittert leicht an trockner Luft, und läßt alles Waſſer fahren und heißt dann zerfallenes ſchwefelſaures Natron. In gelinder Hitze zerſchmilzt es in ſeinem Kryſtallwaſſer, läßt dieſes fahren und wird wieder feſt. Erſt in ſtarker Rothglühhitze kommt es aufs neue in Fluß ohne flüchtig zu ſein oder zerlegt zu werden. Das waſſerleere Salz löſt ſich in Waſſer unter beträchtlicher Erwärmung. Das kryſtalliſirte löſt ſich in Waſſer unter Erkältung. 100 Th. Waſſer nehmen bei 0° R. 12 Th. auf, bei 20° 100, bei 25°,6 aber 322 Th. Bei weiterer Erhitzung nimmt die Löslichkeit wieder ab, ſo daß ſich bei 40° nur 262 Th. Salz in 100 Th. Waſſer löſen. Es wird bekanntlich in der Medicin als Laxirmittel in Solutionen angewendet. — Das ſaure ſchwefelſaure Natron kryſtalliſirt in luftbeſtändigen vierſeitigen Säulen. — Phosphornatrium iſt dem Phosphorkalium ähnlich. Das phosphorſaure Natron (phosphorſaure Mineralalkali) war ſchon längſt als Beſtandtheil des Harns bekannt, wurde aber zuerſt 1785 von Klaproth genau analyſirt. Auſſer im Harne findet es ſich auch noch in anderen thieriſchen Flüſſigkeiten. Daſſelbe kryſtalliſirt in waſſerhellen,

ſchiefen rhombiſchen Säulen mit 4 Flächen zugeſpitzt. Der Geſchmack iſt angenehm kühlend ſalzig, ähnlich dem des Kochſalzes aber milder. Es reagirt ſchwach alkaliſch. Allmählig verwittert es an warmer Luft vollſtändig, wobei es nur einen Theil ſeines Kryſtalliſationswaſſers verliert. In ſtärkerer Hitze zerfließt es in ſeinem Kryſtalliſationswaſſer und läßt es beim anhaltenden gelinden Erhitzen, wobei es noch nicht ſchmilzt, vollſtändig fahren, ohne ſich weſentlich zu verändern, denn wenn man dieſes waſſerleere Salz in Waſſer löſt und aus demſelben wieder kryſtalliſiren läßt, ſo erhält man die urſprüngliche Geſtalt mit allen Eigenſchaften wieder. Wenn man jedoch das waſſerleere Salz glüht, ſo ſchmilzt es und erſtarrt dann beim Erkalten zu einer weißen, milchigen, perlfarbenen Maſſe, welche waſſerleeres pyrophosphorſaures Natron iſt. Daſſelbe iſt feuerbeſtändig und unterſcheidet ſich von dem gewöhnlichen ungeglühten phosphorſauren Natron namentlich dadurch, daß ſeine wäſſrige Löſung Silberſolution weiß niederſchlägt (der Niederſchlag löſt ſich in überſchüſſig zugeſetztem Salz wieder auf), während gewöhnliches ungeglühtes ph. N. ſie gelb färbt (der Niederſchlag löſt ſich nicht auf in überſchüſſigem Salze). Man kann jenes durch Kochen mit ſtarken Säuren wieder in gewöhnliches phosphorſaures Salz umwandeln. Das kryſtalliſirte Salz löſt ſich in Weingeiſt gar nicht, wohl aber in 4 Th. kalten und in 2 Th. kochenden Waſſers. Das pyrophosphorſaure Natron bedarf mehr Waſſer. In der Medicin gibt man dieß Salz als Abführungsmittel. — Natrium, Phosphor und Stickſtoff ſind verbunden im phosphorſauren Natron-Ammoniak, welches in tafelartigen Kryſtallen anſchießt, die an der Luft unter Verluſt von Ammoniak verwittern und in der Glühhitze zu einer klaren Perle ſchmelzen. — Die (giftigen) Verbindungen des Natrium mit Arſenik entſprechen denen mit Phosphor. — Natrium und Kohlenſtoff ſind verbunden im kohlenſauren Natron. Es ſind zu unterſcheiden einfach und doppelt kohlenſaures Natron. Jenes (auch baſiſch kohlenſaures Natrum; mildes, luftſaures Mineralalkali) wurde früher oft mit Salpeter verwechſelt, und findet ſich an feuchten Mauern (Mauerſalz), in Felſen, aus der Dammerde auswitternd und in einigen Seen. Man gewinnt daſſelbe im Großen aus mehren Strand- und Seegewächſen, welche getrocknet und in Gruben verbrannt werden. Die glühende Aſche wird weich und backt maſſenhaft zuſammen. Als rohe Soda kommt dieſe Aſche in den Handel. Als die beſte gilt die ſpaniſche und unter dieſer wieder als die beſte die alicantiſche oder Barille. Am meiſten verunreinigt iſt die aus Fucus und Ulvenarten bereitete, welche Varech-Soda und Kelp heißt. Die Soda hat ein graues Anſehen und muß an der Luft trocken bleiben. Das reine einfach kohlenſaure Natron kryſtalliſirt in waſſerhellen, ſchiefen rhombiſchen Säulen und deren Abänderungen. Die Kryſtalle haben einen kühlenden, ſchwachalkaliſchen Geſchmack. Es verwittert ſehr leicht an der Luft und ſchmilzt bei gelinder Hitze in ſeinem Kryſtalliſationswaſſer, das es allmählig fahren läßt, ſo daß zerfallenes oder waſſerleeres einfach kohlenſaures Natron zurückbleibt. Dieß Salz iſt feuerbeſtändig, indem es die Kohlenſäure durch Erhitzen nicht verliert, ſchmilzt

Enkyklopädie

der

Experimental-Phyſik,

der

Aſtronomie, Geographie, Chemie, Phyſiologie, Chronologie

nach dem Grade ihrer Verwandtſchaft mit der

Phyſik

von

Gotthard Oswald Marbach,
Doctor der Philoſophie und akademiſchem Docenten zu Leipzig.

Vierter Band.

N bis Z.

Leipzig, 1837.
Verlag von Otto Wigand.

Populäres
Physikalisches
Lexikon

oder

Handwörterbuch

der

gesammten Naturlehre

für

die Gebildeten aus allen Ständen

von

Gotthard Oswald Marbach,

Doctor der Philoſophie und akademiſchem Docenten zu Leipzig.

Vierter Band.

N bis Z.

Was du ererbt von deinen Vätern haſt,
Erwirb es, um es zu beſitzen.
Göthe.

Leipzig, 1837.

Verlag von Otto Wigand.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Register

zum vierten Bande

des populären phyſikaliſchen Lexicons.

(Vergl. die Regiſter zum zweiten und dritten Bande.)

N. Seite

Nacht 1
Nachtgleichen 2
Nadir, ſ. Scheitel.
Natrium 3
Naturlehre, ſ. Phyſik.
Nebel 7
Nebelſtern, ſ. Nebelflecke.
Nebelflecke 13
Nebenplaneten 15
Nebenmonde } ſ. Hof.
Nebenſonnen } ſ. Hof.
Neigung der Magnetnadel 21
Neigungsnadel, ſ. Neigung der Magnetnadel.
Neutralität, ſ. Löſungen.
Nickel 48
Niveau } ſ. Waſſerwage.
Nivelliren } ſ. Waſſerwage.
Nonius 49
Nord 51
Nordlicht 51
Nutation, ſ. Vorrücken der N.

O.

Objectiv, ſ. Fernrohr u. Mikroſkop.
Occident, ſ. Abend.
Ocular, ſ. Fernrohr u. Mikroſkop.
Ohr 66
Optik 74
Organiſche Körper 75
Osmium 75
Orient, ſ. Morgen.
Ort, optiſcher } ſ. Geſicht S. 683.
= ſcheinbarer } ſ. Geſicht S. 683.
Oſt, ſ. Morgen.
Oxygen, ſ. Sauerſtoffgas.

P. Seite

Palladium 76
Pallas 76
Parallaxe 77
Parallelkreiſe 83
Paſſageninſtrument 83
Paſſatwinde, ſ. Winde.
Paternoſterwerk, ſ. Waſſerhebemaſchinen.
Pendel 94
Periode 114
Phantasmaſkop, ſ. Stroboſkopiſche Scheibe.
Phaſen, ſ. Mond.
Phosphor 114
Phosphore, ſ. Licht.
Photometrie, ſ. Licht.
Phyſik 117
Piſtole, elektriſche 122
Planeten 125
Platina 151
Platte, elektriſche 154
Pneumatik, ſ. Mechanik.
Polariſation des Lichtes 156
Polarkreiſe 209

Seite

Pole, ſ. Erde.
Polhöhe 209
Porôſität 209
Potaſſium 210
Präceſſion, ſ. Vorrücken d. N.
Preſſe, Bramahſche 217
= Realſche 220
= Romershauſenſche Luft=.... 224
Prisma, ſ. Brechbarkeit, Farben u. a.
Pumpe, ſ. Druckpumpe und Waſſerhebemaſchinen.
Pyrometer 225
Pyrophor 231

Q.

Quadrant 231
Quadrat, elektr., ſ. Platte.
Quadratur, ſ. Mond.
Queckſilber 233
Quellen 237

R.

Rad an der Welle 271
Rad u. Getriebe } 273
Räderwerk }
Rauminhalt, ſ. Volumen.
Reagentien 278
Recipient, ſ. Luftpumpe.
Rectaſcenſion, ſ. Sterne S. 601.
Retificiren, ſ. Deſtillation.
Reflexion, ſ. Zurückwerfung d. Lichtes.
Refraction, ſ. Brechung d. Lichtes.
Regen 278
Regenbogen 307
Regenwaſſer, ſ. Regen.
Regulator, ſ. Pendel S. 113.
Reif 311
Relativ, ſ. Abſolut.
Reſonanz 312
Reſpiration, ſ. Athmen.
Reſultante 313
Rhodium 314
Ringkugel 314
Rolle 314
Ruhe, ſ. Bewegung.
Rückſchlag, ſ. Bliß.

S.

Sättigung, ſ. Löſungen.
Säule, ſ. Galvanismus.
Säuren 319
Salze 320

Seite

Satelliten, ſ. Nebenplaneten.
Saturn 320
Sauerſtoff 323
Saugpumpe, ſ. Waſſerhebemaſchinen.
Saugſchwungmaſchine, ſ. Waſſerhebemaſchinen.
Schall 327
Schatten 384
Schaufelwerk, ſ. Waſſerhebemaſchinen.
Scheitel 388
Scheitelkreis, ſ. Scheitel.
Scheitelpunkt, ſ. Scheitel.
Schiefe der Ekliptik 389
Schiefe Ebene, ſ. Ebene, ſchiefe.
Schlag, elektr. 391
Schmelzen u. Sieden 404
Schnee 413
Schnellwage, ſ. Wage.
Schraube 419
Schwefel 424
Schwere 430
Schwerkraft, ſ. Schwere.
Schwerpunkt, ſ. Schwere.
Schwimmen 442
Secundäre Säule, ſ. Spannungsreihe.
Seen 450
Segners hydr. Maſchine, ſ. Springbrunnen S. 582.
Sehen, ſ. Auge u. Geſicht.
Sehewinkel 457
Selbſtverbrennung 457
Selen 459
Senkwage, ſ. ſpecif. Gewicht.
Sextant 460
Sicherheitslampen 463
Sideroſkop 465
Sieden, ſ. Schmelzen u. Wärme.
Silber 466
Silicium 469
Solſtitialpunkte, ſ. Sonnenwenden.
Sommer, ſ. Jahreszeiten.
Sonne 470
Sonnenfinſterniſſe, ſ. Mond.
Sonnenflecken, ſ. Sonne.
Sonnenmikroſkop, ſ. Mikroſkop.
Sonnenuhren 480
Sonnenwenden 486
Sonnenzeit, ſ. Zeit.
Spannkraft 487
Spannungsreihe, galv. 510
Specifiſch, ſ. Abſolut.
Specifiſches Gewicht 521
Spiegel 555
Spiegelkaſten } ſ. Spiegel.
Spiegelzimmer }
Spiegeleleſkop, ſ. Fernrohr.
Spießglanz 560

Seite

Spiralpumpe, ſ. Waſſerhebemaſchinen.
Sprachgewölbe 564
Sprachrohr 564
Springbrunnen 565
Sprungkegel 586
Statik, ſ. Mechanik.
Steine vom Himmel 587
Sterne } 599
Sternbilder }
Sternkarten, ſ. Sterne.
Sternkunde, ſ. Aſtronomie.
Sternnebel, ſ. Nebelſterne.
Sternſchnuppen 602
Sternzeit, ſ. Zeit.
Stickſtoff 615
Stöchiometrie, ſ. Verwandtſchaft, chem.
Stoßheber 620
Strahlen der Wärme, ſ. Wärme.
Stroboſkopiſche Scheibe 622
Ströme 627
Strom, elektr., ſ. Galvanismus u. Elektromagnetismus.
Strontium 644
Stürme, ſ. Winde.
Stundenkreis } ſ. Zeit.
Stundenwinkel }
Subblimation 644
Südlicht, ſ. Nordlicht.
Sümpfe 645
Sympiezometer 649
Syzygien 651

T.

Tag 651
Tantal 652
Taucherglocke 653
Teleſkop, ſ. Fernrohr.
Tellur 655
Temperatur, ſ. Thermometer, Erde, Wärme.
Thau 656
Theilbarkeit 660
Theodolit, ſ. Vervielfältigungskreis u. ſ. w.
Thermoelektricität, ſ. Galvanismus.
Thermometer 661
Thierkreis 712
Thierkreislicht 713
Thorium 713
Titan 714
Ton, ſ. Schall.
Trabanten, ſ. Nebenplaneten.
Trägheit, ſ. Bewegung.

Seite

Trillinge, ſ. Räderwerk.
Trombe, ſ. Waſſerhoſe.
Tropfbare Flüſſigkeiten 714
Tropfenbildung, ſ. tropfbare Flüſſigkeiten.

U.

Undurchdringlichkeit 723
Undurchſichtigkeit, ſ. Licht.
Untergang, ſ. Aufgang.
Uran 724
Uranus 724

V.

Vacuum, ſ. Barometer und Luftpumpe.
Vanadin 725
Variation der Magnetnadel, ſ. Magnet u. Neigung der M.
Ventilator 726
Ventile, ſ. Dampfmaſchine.
Venus 730
Vera's hydr. Maſchine, ſ. Adhäſion S. 28.
Verbindung, chem 733
Verbrennung 734
Verdunſtung 751
Verdunſtungsmeſſer, ſ. Verdunſtung.
Vernier, ſ. Nonius.
Vervielfältigungskreis 763
Verwandtſchaft, chem 782
Volumen 797
Vorrücken der Nachtgleichen 798
Vulkane, ſ. Berge.

W.

Wärme 802
Wage 860
Wahlverwandtſchaft, ſ. Verwandtſchaft, chem.
Wanken der Erdaxe, ſ. Vorrücken der Nachtgleichen.
Waſſer, ſ. Waſſerſtoff.
Waſſerblei 875
Waſſerhammer 876
Waſſerhebemaſchinen 876
Waſſerhoſe 894
Waſſerſäulenmaſchine, ſ. Waſſerhebemaſchinen.
Waſſerſchnecken, ſ. Waſſerhebemaſchinen.

	Seite
Waſſerſchraube, ſ. Waſſerhebemaſchinen.	
Waſſerſtoff	902
Waſſerwage	905
Waſſerziehen der Sonne	909
Weingeiſt	909
Wendekreiſe	922
Weſt, ſ. Abend.	
Wetter	922
Wetterfahne, ſ. Winde.	
Wetterharfe	935
Wetterleuchten	935
Widder, hydr., ſ. Stoßheber.	
Winde	935
Windbüchſe, ſ. Compreſſionsmaſchine.	
Windharfe, ſ. Aeolsharfe.	
Windkugel, ſ. Dampfkugel.	
Windmeſſer, ſ. Winde.	
Windroſe, ſ. Compaß S. 392.	
Winter, ſ. Jahreszeiten.	
Wismuth	958
Witterung, ſ. Wetter.	
Wolfram	959
Wolken	959

Y.

	Seite
Yttrium	969

Z.

Zauberlaterne, ſ. Magie, natürl.	
Zauberſpiegel, ſ. Magie, natürl.	
Zeichen des Thierkreiſes, ſ. Thierkreis.	
Zeit	970
Zenith	973
Zerſtreuung des Lichtes	973
Zimmer, verfinſtertes, ſ. Kammer, dunkele.	
Zink	985
Zinn	987
Zirconium	989
Zitterfiſche	989
Zodiakallicht, ſ. Thierkreislicht.	
Zodiakus, ſ. Thierkreis.	
Zonen, ſ. Erde S. 269.	
Zurückwerfung des Lichtes	1000
Zuſammenſetzung der Kräfte, ſ. Bewegung S. 290.	
Zuſammentreffen der Lichtſtrahlen	1003

Indem ich dem Publikum das fertige Werk übergebe, bitte ich um nachſichtsvolle Aufnahme und bemerke, daß durch den baldigſt herzuſtellenden Regiſterband die Vollſtändigkeit des Werkes noch deutlicher in die Augen treten, und das Nachſchlagen über Einzelheiten erleichtert werden wird. Manches in entfernterer Beziehung zur Phyſik ſtehende, ſo wie manches die Theorie betreffende wäre noch aufgenommen worden, wenn es der ohnehin ſchon über die ihm urſprünglich angewieſenen Grenzen hinausgegangene Umfang des Werkes erlaubt hätte. Faßt man, wie billig, die Tendenz dieſes Werkes ins Auge, ſo hoffe ich, daß man bei Unterſuchung ſeines Inhaltes eher zu viel als zu wenig finden wird.

Der Verfaſſer.

Druck von Breitkopf u. Härtel in Leipzig.

N.

Nacht heißt (in der Aſtronomie) die Zeit von einem Sonnenuntergange bis zum nächſten Sonnenaufgange. Die Nacht macht den Gegenſatz des Tages aus, wenn man unter Tag die Zeit von einem Sonnenaufgang bis zum nächſten Sonnenuntergange verſteht; einen Theil des Tages, wenn man unter Tag die Zeit von einem Mittag bis zum nächſten begreift. Während der Nacht befindet ſich die Sonne ſcheinbar unterhalb der Erde, in Bezug auf den Ort, wo jene herrſcht, oder die Erde kehrt diejenige Seite, auf welcher dieſer Ort liegt, von der Sonne ab. So wie ſich die Erde um ihre Axe umdreht, kehrt ſie nach und nach jeden Ort erſt der Sonne zu, dann von ihr ab, und ſo wechſeln für jeden Ort Tag und Nacht. Da ſich die Sonne während der Nacht unterhalb des Horizontes befindet, während des Tages oberhalb deſſelben, ſo wechſeln wie Nacht und Tag, ſo auch Finſterniß und Licht. Da das Licht nicht augenblicklich der Finſterniß weicht, ſo wie die Sonne unter den Horizont ſinkt, und eben ſo das Licht nicht augenblicklich die Finſterniß verdrängt, ſo wie die Sonne über den Horizont ſich erhebt, ſondern der Wechſel zwiſchen Licht und Finſterniß (durch die Dämmerung) ſtets allmälig geſchieht, ſo rechnet man im gemeinen Leben die Länge der Nacht nicht genau nach dem Gange der Sonne, ſondern kürzer, von dem Aufhören der Abenddämmerung bis zum Anfange der Morgendämmerung.

Nur unter dem Aequator iſt die Nacht (nach aſtronomiſcher Beſtimmung) ſtets eben ſo lang als der Tag und jede Nacht der andern gleich. An den meiſten Orten der Erde findet in dieſer Beziehung eine ſehr große Verſchiedenheit ſtatt. Bei uns iſt bekanntlich zweimal des Jahres Tag und Nacht gleich lang, außerdem aber iſt die Nacht entweder länger oder kürzer als der Tag. Zur Zeit der zwei Nachtgleichen iſt auf der ganzen Erde Tag und Nacht völlig gleich, alſo jedes 12 Stunden lang. Zu der Zeit wo wir den längſten Tag haben, geht unter dem Polarkreiſe die Sonne gar nicht unter, ſondern ſteht 24 Stunden über dem Horizonte, und während wir die längſte Nacht haben, herrſcht unter dem Polarkreiſe eine Nacht von 24 Stunden. Je näher man den Polen kommt, deſto länger dauert der längſte Tag, deſto länger auch die längſte Nacht und unter dem Pole ſelbſt wechſelt das ganze Jahr hindurch nur einmal Tag und Nacht, indem die Nacht 6 Monate und eben ſo lange der Tag währt. Die Nacht wird übrigens durch verſchiedene Umſtände, namentlich in den Gegen-

den, wo ſie am längſten iſt, bedeutend abgekürzt. Die Aſtronomen nehmen als Grenzen der Nacht die Augenblicke an, in denen der Mittelpunkt der Sonne im Horizont ſteht. Da aber die Sonne einen merklichen Durchmeſſer hat, ſo leuchtet der obere Sonnenrand noch wenn die Nacht begonnen, und ſchon ehe ſie aufgehört hat. In unſeren Gegenden iſt dieſer Umſtand von nur geringem Einfluß, am Pole aber bleibt der obere Sonnenrand 16 Stunden länger über dem Horizont als der Mittelpunkt der Sonne. Bedeutender wird die Nacht durch die Strahlenbrechung abgekürzt. Dieſe iſt Urſache, daß bei uns die Sonne 4 Minuten eher und 4 Minuten ſpäter noch geſehen wird, als ſie eigentlich wirklich auf- und untergeht. Viel größer noch iſt der Einfluß der Strahlenbrechung in den Polargegenden. Holländer die im J. 1597 auf Nova-Zembla übernachteten, wollen die Sonne ſchon den 24. und 27. Januar geſehen haben und nach dieſer Angabe wäre die Polarnacht damals um 2 Wochen abgekürzt geweſen. Endlich bewirkt die Dämmerung eine bedeutende Abkürzung der Nacht, wiederum am ſtärkſten in den Polargegenden. Zur Zeit der längſten Tage iſt die kurze Nacht ſo von der Dämmerung erleuchtet, daß eine tiefe Finſterniß gar nicht eintritt. Während der langen Nächte tritt eine Dämmerung ein, ſobald ſich die Sonne dem Horizonte nähert, auch wenn ſie nicht über denſelben emportritt. — Die Mitte der Nacht, 12 Stunden nach und 12 Stunden vor Mittag heißt **Mitternacht**. Zur Zeit der Mitternacht an einem beſtimmten Orte geht die Sonne durch den Meridian deſſelben auf der anderen Seite der Erde. Ueber die Himmelsgegend, welche Mitternacht genannt wird, ſ. d. Art. **Nord**.

Nachtgleichen, Tag- und Nachtgleichen, (lat.) **Aequinoctium**, **Zeit der Nachtgleichen** heißen diejenigen zwei Tage des Jahres, wo auf der ganzen Erde Tag und Nacht gleich ſind. Der eine dieſer Tage, die **Frühlingsnachtgleiche** fällt auf den 21. März die andere, die **Herbſtnachtgleiche** auf den 23. September. Weil das Jahr etwas länger als 365 Tage iſt, ſo treffen die Nachtgleichen nicht immer genau ein, doch ſind die Einſchaltungen jetzt ſo eingerichtet, daß ſie ſich nie bedeutend von den angegebenen Tagen entfernen. Zur Zeit der Nachtgleichen geht die Sonne genau im Oſtpunkte auf und im Weſtpunkte unter. Die Nachtgleichen treten aſtronomiſch dann ein, wenn ſich der Mittelpunkt der Sonne in der Ebene des Aequators des Himmels befindet, oder wenn ein Beobachter unter dem Aequator der Erde, die Sonne genau im Zenith hat. Daher währt die eigentliche Nachtgleiche nur einen Augenblick, nicht einen Tag. Die **Nachtgleichenpunkte** ſind die Punkte, in welchen die Ekliptik den Aequator ſchneidet. Da auf der ſüdlichen Halbkugel die Jahreszeiten ſo folgen, daß dort Frühling iſt, während bei uns Herbſt und umgekehrt, ſo iſt die Herbſtnachtgleiche der nördlichen Halbkugel die Frühlingsnachtgleiche der ſüdlichen Hemiſphäre und eben ſo die Frühlingsnachtgleiche bei uns die Herbſtnachtgleiche für die ſüdl. Halbkugel. — S. d. Art. **Vorrücken der Nachtgleichen**.

Natrium, Natronium, Natronmetall, ein leichtes Metall, welches zuerſt von Davy wie das Kalium mit Hilfe des Galvanismus aus Natron dargeſtellt wurde. Im Mineralreich kommt es ſehr häufig vor: als Steinſalz an Chlor gebunden; als Oxyd mit Salzſäure verbunden im Meerwaſſer, den Salzſoolen; in einigen Seen und Quellen an Kohlenſäure, Boraxſäure, Schwefelſäure gebunden; in feſter Form an Salpeterſäure gebunden. Mehre Steinarten enthalten es, namentlich Natrolith, Sodalith, Kryolith, Gay-Luſſit, Glauberit u. a. Ferner enthalten auch beſonders die am Meere vorkommenden Gewächſe Natrium, und endlich findet es ſich in vielen thieriſchen Flüſſigkeiten. Das Natrium hat ein ſpecif. Gewicht = 0,9348 nach Davy, = 0,9722 nach Gay-Luſſac, iſt übrigens dem Kalium ſehr ähnlich, aber weniger flüchtig, nämlich erſt in ſtarker Rothglühhitze. Es erweicht bei + 50° C. und iſt bei + 90° vollkommen flüſſig. — Zu dem Sauerſtoffe hat es eine ſehr große Verwandſchaft. Es zerſetzt raſch das Waſſer bei gewöhnlicher Temperatur, ohne ſich jedoch ſo leicht wie Kalium hierbei zu entzünden. Die Entzündung erfolgt aber leicht, wenn Natrium auf ſchleimiges Waſſer geworfen wird. Man unterſcheidet 3 verſchiedene Oxydationsſtufen: Suboxyd, Oxyd, Hyperoxyd. Das Oxyd iſt das Natron. Daſſelbe iſt eine graue Maſſe von muſcheligem Bruch, die weniger ätzt als Kali, übrigens aber ganz wie dieſes ſich verhält. Früher wurde es Mineralalkali genannt, und die franzöſiſchen und engliſchen Chemiker nennen es Soda, welchen Namen wir nur der im Handel vorkommenden rohen Soda geben. Das Natron hat große Verwandſchaft mit dem Waſſer. Das trockne Natronhydrat (ätzendes Natron oder Mineralalkali) heißt im gelöſten Zuſtande ätzende Natronflüſſigkeit, (Seifenſiederlauge). Das Natronhydrat gleicht äußerlich dem Kalihydrate, hat aber ein ſpecif. Gewicht = 2,00, und iſt etwas weniger flüchtig und ätzend als Kali. Wie das Kali zerfließt das Natron anfangs an der Luft, erhärtet jedoch bald durch Anziehen von Kohlenſäure. Mit Säuren bildet das Natron die Natronſalze, welche ſämmtlich im Waſſer löslich ſind. — Mit dem Stickſtoff verbindet ſich das Natrium zu ſalpeterſaurem Natron (kubiſcher oder Rhomboidal-Salpeter), welches ſich in Peru in großer Menge natürlich vorkommend findet. Dieß Salz kryſtalliſirt in weißen, durchſichtigen, ſtumpfen Rhomboëdern von 2,096 ſpecif. Gewicht, und beſitzt doppelte Strahlenbrechung. Es ſchmeckt dem Salpeter ähnlich, aber bitterer; löſt ſich in 2 Theilen kalten und in weniger als einem dem ſeinen gleichen Gewichte kochenden Waſſers. Uebrigens verhält ſich daſſelbe ähnlich dem Kaliſalpeter, verpufft jedoch mit verbrennlichen Subſtanzen minder heftig. Mit Kohle und Schwefel verpufft es unter ſchöner pomeranzengelber Farbe. Man bedient ſich deſſelben bei Feuerwerken. — Das Chlornatrium (ſalzſaures Natron, Kochſalz, Steinſalz, Meerſalz) findet ſich bekanntlich ſehr häufig in der Natur, macht einen Beſtandtheil des Meerwaſſers aus, findet ſich in den Salzflötzen und in einigen Sandwüſten als Steinſalz, und aufgelöſt in den Salzſoolen. Faſt in allen thieriſchen Säften und in mehren Pflanzen kommt es vor. Aus den Auflöſungen

wird es durch Abdunſtung des Waſſers gewonnen. Es kryſtalliſirt in farblos durchſichtigen Würfeln, ſelten in Oktaëdern. Sein ſpecif. Gewicht iſt = 2,17. Es iſt luftbeſtändig, und von rein ſalzigem Geſchmack. Das gewöhnliche, ſchnell kryſtalliſirte Salz verkniſtert auf dem Feuer, ſchmilzt leicht in der Rothglühhitze und verflüchtigt ſich unzerſetzt in der Weißglühhitze. Im Waſſer iſt das Kochſalz leicht löslich und verwandelt ſich dabei in ſalzſaures Natron. Nach Fuchs iſt das Kochſalz gleich löslich in kaltem und in heißem Waſſer; 100 Theile Waſſer löſen 37 Theile Salz. Daſſelbe iſt auch in wäſſrigem Weingeiſte etwas löslich. Wenn eine geſättigte Kochſalzauflöſung einer Temperatur von — 8 bis 9° R. ausgeſetzt wird, ſo erhält man (nach Lowitz und Fuchs) kryſtalliſirtes ſalzſaures Natron. Die Kryſtalle ſind tafelartig und oft über 1 Zoll lang. Die vielfache Anwendung des Kochſalzes iſt bekannt. — Das chlorichtſaure Natron (Chlornatron, natronhaltige Bleiflüſſigkeit und natronhaltiges Bleichpulver hat dieſelben Eigenſchaften wie das chlorichtſaure Kali, daher auch dieſelbe Anwendung. — Das chlorſaure Natron (oxychlorinſaures, oxyhalogenittes, überoxydirt ſalzſaures Natron) iſt ähnlich dem chlorſauren Kali. Es kryſtalliſirt in farblos durchſichtigen, ſehr ſtumpfen, ſchiefen rhombiſchen Säulen oder Tafeln. Es iſt in Waſſer und Weingeiſt viel löslicher als das Kaliſalz. — Minder wichtig ſind die Verbindungen des Natrium's mit Brom (Bromnatrium und hydrobromſaures Natron), mit Iod (Iodnatrium und hydriodſaures Natron, ferner iodſaures Natron), mit Fluor (Fluornatrium). — Das Schwefelnatrium (Schwefelnatron, Natronſchwefelleber) iſt analog der entſprechenden Verbindung des Schwefels mit Kali. Das ſchwefelſaure Natron oder Glauberſalz wurde 1658 von Glauber entdeckt, und findet ſich natürlich in vielen Salz- und Mineralquellen. Daſſelbe kryſtalliſirt in waſſerhellen, ſchiefen rhombiſchen Säulen, oder unregelmäßig ſechsſeitigen geſtreiften Säulen mit 2, 4 oder 6 Flächen zugeſpitzt, und hat einen kühlenden, bitterlich ſalzigen Geſchmack. Das Salz verwittert leicht an trockner Luft, und läßt alles Waſſer fahren und heißt dann zerfallenes ſchwefelſaures Natron. In gelinder Hitze zerſchmilzt es in ſeinem Kryſtallwaſſer, läßt dieſes fahren und wird wieder feſt. Erſt in ſtarker Rothglühhitze kommt es aufs neue in Fluß ohne flüchtig zu ſein oder zerlegt zu werden. Das waſſerleere Salz löſt ſich in Waſſer unter beträchtlicher Erwärmung. Das kryſtalliſirte löſt ſich in Waſſer unter Erkältung. 100 Th. Waſſer nehmen bei 0° R. 12 Th. auf, bei 20° 100, bei 25°,6 aber 322 Th. Bei weiterer Erhitzung nimmt die Löslichkeit wieder ab, ſo daß ſich bei 40° nur 262 Th. Salz in 100 Th. Waſſer löſen. Es wird bekanntlich in der Medicin als Laxirmittel in Solutionen angewendet. — Das ſaure ſchwefelſaure Natron kryſtalliſirt in luftbeſtändigen vierſeitigen Säulen. — Phosphornatrium iſt dem Phosphorkalium ähnlich. Das phosphorſaure Natron (phosphorſaure Mineralalkali) war ſchon längſt als Beſtandtheil des Harns bekannt, wurde aber zuerſt 1785 von Klaproth genau analyſirt. Auſſer im Harne findet es ſich auch noch in anderen thieriſchen Flüſſigkeiten. Daſſelbe kryſtalliſirt in waſſerhellen,

ſchiefen rhombiſchen Säulen mit 4 Flächen zugeſpitzt. Der Geſchmack iſt angenehm kühlend ſalzig, ähnlich dem des Kochſalzes aber milder. Es reagirt ſchwach alkaliſch. Allmählig verwittert es an warmer Luft vollſtändig, wobei es nur einen Theil ſeines Kryſtalliſationswaſſers verliert. In ſtärkerer Hitze zerfließt es in ſeinem Kryſtalliſationswaſſer und läßt es beim anhaltenden gelinden Erhitzen, wobei es noch nicht ſchmilzt, vollſtändig fahren, ohne ſich weſentlich zu verändern, denn wenn man dieſes waſſerleere Salz in Waſſer löſt und aus demſelben wieder kryſtalliſiren läßt, ſo erhält man die urſprüngliche Geſtalt mit allen Eigenſchaften wieder. Wenn man jedoch das waſſerleere Salz glüht, ſo ſchmilzt es und erſtarrt dann beim Erkalten zu einer weißen, milchigen, perlfarbenen Maſſe, welche waſſerleeres pyrophosphorſaures Natron iſt. Daſſelbe iſt feuerbeſtändig und unterſcheidet ſich von dem gewöhnlichen ungeglühten phosphorſauren Natron namentlich dadurch, daß ſeine wäſſrige Löſung Silberſolution weiß niederſchlägt (der Niederſchlag löſt ſich in überſchüſſig zugeſetztem Salz wieder auf), während gewöhnliches ungeglühtes ph. N. ſie gelb färbt (der Niederſchlag löſt ſich nicht auf in überſchüſſigem Salze). Man kann jenes durch Kochen mit ſtarken Säuren wieder in gewöhnliches phosphorſaures Salz umwandeln. Das kryſtalliſirte Salz löſt ſich in Weingeiſt gar nicht, wohl aber in 4 Th. kalten und in 2 Th. kochenden Waſſers. Das pyrophosphorſaure Natron bedarf mehr Waſſer. In der Medicin gibt man dieß Salz als Abführungsmittel. — Natrium, Phosphor und Stickſtoff ſind verbunden im phosphorſauren Natron-Ammoniak, welches in tafelartigen Kryſtallen anſchießt, die an der Luft unter Verluſt von Ammoniak verwittern und in der Glühhitze zu einer klaren Perle ſchmelzen. — Die (giftigen) Verbindungen des Natrium mit Arſenik entſprechen denen mit Phosphor. — Natrium und Kohlenſtoff ſind verbunden im kohlenſauren Natron. Es ſind zu unterſcheiden einfach und doppelt kohlenſaures Natron. Jenes (auch baſiſch kohlenſaures Natrum; mildes, luftſaures Mineralalkali) wurde früher oft mit Salpeter verwechſelt, und findet ſich an feuchten Mauern (Mauerſalz), in Felſen, aus der Dammerde auswitternd und in einigen Seen. Man gewinnt daſſelbe im Großen aus mehren Strand- und Seegewächſen, welche getrocknet und in Gruben verbrannt werden. Die glühende Aſche wird weich und backt maſſenhaft zuſammen. Als rohe Soda kommt dieſe Aſche in den Handel. Als die beſte gilt die ſpaniſche und unter dieſer wieder als die beſte die alicantiſche oder Barille. Am meiſten verunreinigt iſt die aus Fucus und Ulvenarten bereitete, welche Varech-Soda und Kelp heißt. Die Soda hat ein graues Anſehen und muß an der Luft trocken bleiben. Das reine einfach kohlenſaure Natron kryſtalliſirt in waſſerhellen, ſchiefen rhombiſchen Säulen und deren Abänderungen. Die Kryſtalle haben einen kühlenden, ſchwachalkaliſchen Geſchmack. Es verwittert ſehr leicht an der Luft und ſchmilzt bei gelinder Hitze in ſeinem Kryſtalliſationswaſſer, das es allmählig fahren läßt, ſo daß zerfallenes oder waſſerleeres einfach kohlenſaures Natron zurückbleibt. Dieß Salz iſt feuerbeſtändig, indem es die Kohlenſäure durch Erhitzen nicht verliert, ſchmilzt

in der Rothglühhitze und ſteht in Bezug auf alkaliſchen Geſchmack mitten inne zwiſchen dem kryſtalliſirten Salz und dem einfach kohlenſauren Kali. Das kryſtalliſirte löſt ſich bei gewöhnlicher Temperatur in 2 Th. Waſſer, und bei dieſer Löſung tritt Erkältung ein. Dagegen löſt ſich das waſſerleere Salz in 5,2 Th. Waſſer von gewöhnlicher Temperatur, wobei Erwärmung eintritt. Bei höheren Temperaturen iſt die Löslichkeit des kryſtalliſirten Salzes noch viel größer, und bei der Temp. des ſiedenden Waſſers bedarf es zur Löſung gar keines Zuſatzes von Waſſer mehr, ſondern ſchmilzt in ſeinem eigenen Kryſtalliſationswaſſer. Es iſt unlöslich in Weingeiſt. — Das doppelt kohlenſaure Natron (neutrales oder ſäuerliches kohlenſaures Natrum) iſt von Roſe entdeckt worden. Daſſelbe kryſtalliſirt in meiſtens kleinen (undeutlichen) vierſeitigen Tafeln, und reagirt und ſchmeckt alkaliſch. Während es an trockner Luft unverändert bleibt, verwittert es langſam in feuchter, indem es Waſſer anzieht und einen Theil Kohlenſäure fahren läßt. Beim Erhitzen entweicht das in ihm enthaltene Waſſer und die Hälfte ſeiner Kohlenſäure. Bei gewöhnlicher Temperatur löſt es ſich in 13 Th. Waſſer, welche Löſung in gewöhnlicher Temperatur unverändert bleibt, beim Erhitzen aber einen Theil Kohlenſäure fahren läßt, ſo daß anderthalb kohlenſaures Natron zurückbleibt. Dieſes Salz findet ſich natürlich als Natron, Trona und Urao in durchſcheinenden kryſtalliniſchen Maſſen von alkaliſchem Geſchmacke, welche an der Luft nicht verwittern. Des doppelt kohlenſauren Natrons bedient man ſich namentlich zur Bereitung künſtlicher kohlenſaurer Mineralwaſſer. — Das boraxſaure Natron (Borax, raffinirter Borax) war ſchon den Alten bekannt (Chrysocolla bei Plinius), die es zum Löthen des Goldes benutzten. Es kommt natürlich als Tinkal, Pounxa, roher Borax vor. Der Tinkal bildet zuſammen geſinterte, kryſtalliniſche Maſſen oder Kryſtalle von weißgrauer, ins Gelbe und Grüne ziehender Farbe, mit Wachsglanz. Er wird raffinirt. Das reine boraxſaure Natron kryſtalliſirt in anſehnlichen, farblos durchſichtigen, ſchiefen rhombiſchen und unregelmäßig 6- und 8ſeitigen Säulen, meiſtens mit 3 bis 4 Flächen zugeſpitzt. Im Handel kommt der Borax gewöhnlich in unregelmäßigen Bruchſtücken von 1 bis 2″ Länge und ½ bis 1″ Dicke vor. Er hat ein ſpec. Gewicht = 1,75, einen ſchwachſalzigen, ſüßlichen, etwas kühlendalkaliſchen Geſchmack und reagirt ſchwachalkaliſch. Er verwittert an der Luft ſehr langſam an ſeiner Oberfläche, ſchmilzt in der Hitze in ſeinem Kryſtallwaſſer. Dabei bläht er ſich auf und es bleibt eine weiße, lockere, ſchwammige Maſſe: gebrannter Borax zurück. Wenn man dieſe noch ſtärker erhitzt, ſo ſchmilzt ſie zu einem durchſichtigen Glaſe: Boraxglas, waſſerleerer Borax. Dieß Glas wird an der Luft allmählig undurchſichtig. Der kryſtalliſirte Borax iſt in 12 Th. kalten und in 2 Th. heißen Waſſers löslich. Man bedient ſich des Borax zum Löthen und als Arzneimittel äußerlich und innerlich. — Gegen Kieſelerde verhält ſich das Natron wie Kali. Das Natronglas iſt härter als Kaliglas, gewöhnlich von bläulicher Farbe. Aber auch das meiſte weiße Glas iſt natronhaltig. Wie mit Kali kann man auch mit Natron ein (noch vortheilhafteres) Waſſerglas erhalten. Der künſt-

liche Ultramarin iſt eine Verbindung von Natrium, Alumium und Schwefel.*)

Nebel heißen im Allgemeinen alle unmittelbar an der Erdoberfläche vorfallenden Verdichtungen der atmoſphäriſchen Luft, wodurch dieſe mehr oder weniger unſichtbar wird. Die Nebel ſind theils feuchte, theils trockene Nebel.

Die feuchten Nebel bilden ſich in der feuchten Luft, wenn die elaſtiſche Kraft des ſich von der Erdoberfläche erhebenden Waſſerdampfes größer iſt, als die elaſtiſche Kraft im Maximum, welche der Temperatur der Luft entſpricht.**) Der Rauch, welcher ſich über einen mit warmem Waſſer gefüllten Gefäße erhebt, iſt ein wirklicher Nebel. Hat z. B. die Luft eine Temperatur von 20° C., das Waſſer von 60° C. ſo entwickelt ſich der Dampf mit einer Elaſticität von 5,5130 P. Zoll, welche der Temperatur von 60 Grad entſpricht; da derſelbe aber bei einer Temperatur von 20 Grad nicht beſtehen kann mit dieſer Elaſticität, ſo verdichtet er ſich zum Theil, bis ſeine Elaſticität auf 0,575 P. Zoll herabgebracht iſt. Denn dieſe entſpricht der Temperatur von 20 Grad. Daher wird der Nebel um ſo dichter ſein, je mehr die Temperatur des Waſſers die Temperatur der Luft überſteigt, und je feuchter die Luft iſt, weil, ſobald ſie mit Dampf geſättigt iſt, aller fernerhin ſich entwickelnde Dampf, ſo wie er in ſie eintritt, ſich verdichten muß. Denſelben Urſprung haben die Nebel, welche ſich über dem Meere, über Seen, Flüſſen und Bächen bilden, und verſchiedene Beobachter haben ſich durch directe Verſuche überzeugt, daß in dem Augenblicke der Nebelbildung die Temperatur der Luft ſtets niedriger, als die des Waſſers iſt. Dieſe Bedingung, welche immer zur Nebelbildung erforderlich iſt, iſt indeß nicht ſtets hinreichend. Wenn die Luft trocken und ſtark bewegt iſt, ſo wird der Dampf fortgeführt, und im Augenblicke ſeiner Bildung zerſtreuet, ohne daß eine merkliche Verdichtung zu Stande kommt. Iſt aber die Luft ruhig und bereits feucht, ſo ſteigt der Dampf langſam auf und wird faſt gänzlich verdichtet. Dieß findet ſtets während des Winters in der Nähe von Quellen ſtatt, indem dieſe fortwährend eine höhere Temperatur beibehalten.

Man beobachtet jedoch häufig Nebel unter ſcheinbar ſehr verſchiedenen Umſtänden, z. B. während eines Thauwetters, wo die Temperatur der Luft merklich höher als die des Waſſers iſt. Man ſieht ferner ſehr dichte Nebel über den Flüſſen ſich bilden, ſogar während ſie noch mit Eis bedeckt ſind; aber auch hier erfolgt die Nebelbildung nach dem angegebenen Principe. In dieſem Falle iſt nämlich die wärmere Luft mit Feuchtigkeit geſättigt, und der in ihr enthaltene Waſſerdampf verdichtet ſich, ſobald ſie mit derjenigen Luft in Berührung kommt, welche ſich am Eiſe oder an andern kalten Körpern erkältet hat. Aus derſelben Urſache entſpringen ferner auch die Nebel, welche während des

*) Wegen der vielen in dieſem Art. vorkommenden Beziehungen auf Kali, vergl. d. Art. Potaſſium.

**) Vergl. d. Art. Dampf.

Frühlings über den Flüſſen nach Gewitterregen auftreten. Die Luft iſt wärmer, als die Oberfläche des Waſſers, aber von Feuchtigkeit geſättigt, und ſo wie ſie an Orte kommt, wo ſich die Friſche des Fluſſes empfindlich macht, ſo muß der in ihr enthaltene Waſſerdampf ſich abkühlen und verdichten und als Nebel auftreten. Im Allgemeinen wird durch die Vermiſchung jeder zwei mit Feuchtigkeit geſättigter und verſchieden erwärmter Luftarten Nebel erzeugt, weil die mittlere Temperatur, welche ſich aus jener Miſchung ergibt, zu niedrig iſt, um Dampf von mittlerer Elaſticität zu enthalten. Es vermiſchen ſich z. B. mit Feuchtigkeit geſättigte Luft von 5° mit ebenfalls von Feuchtigkeit geſättigter Luft von 15°. Die mittlere Temperatur wird 10° ſein, aber die Elaſticität welche der Temperatur von 5° entſpricht, iſt 0,192 P. Zoll, die welche der Temperatur von 15° entſpricht, iſt 0,599 P. Zoll. Die mittlere Elaſticität iſt alſo 0,299 P. Zoll und dieſe kann in der Luft von 10° nicht beſtehen, weil das Maximum der Elaſticität, welches dieſer Temperatur entſpricht, nur 0,282 P. Zoll iſt.

Alle Nebel enthalten nach dem Vorhergehenden tropfbares Waſſer, welches ſich zu kleinen kugelförmigen Maſſen zuſammengehäuft hat. Dieſe Maſſen ſcheinen jedoch nur aus hohlen Kügelchen zu ſein, weßhalb man ſie Dampfbläschen oder Nebelbläschen nennt. Daß dieſes der Fall ſei, ſcheint aus Verſuchen hervorzugehen, welche Kratzenſtein und Sauſſure angeſtellt haben, vergl. d. Art. Dunſt.

Wenn man einen jeden Tag, an welchem ein Nebel erſcheint, einen Nebeltag nennt, abgeſehen von der Urſache, die ihn erzeugt, und abgeſehen von der Dauer des Nebels, ſo zeigt ſich, daß die Zahl dieſer Tage in verſchiedenen Jahren ſich ziemlich gleich bleibt. Die Zahl derſelben iſt aber nicht an allen Orten gleich, und eben ſo wenig ſind die Nebeltage durch das ganze Jahr gleichförmig vertheilt, wie aus folgender (von Kämtz angegebener) Tabelle ſich ergibt.

Monat	London	Curhaven	Hamburg	Berlin	Moscau	Stuttgart	München	Tegernſee	Peiſſenberg	St. Gotthard
Januar.....	5,0	4,1	7,4	4,4	1,9	4,4	7,4	11,2	12,8	18,5
Februar....	3,9	3,2	5,6	4,2	0,9	3,8	3,2	10,9	11,0	18,5
März.......	3,1	2,3	5,1	2,0	2,4	5,0	3,5	13,8	14,4	22,9
April.......	1,6	1,5	3,6	1,4	1,2	1,0	1,7	10,6	9,1	23,7
Mai........	0,4	0,5	1,9	0,0	0,2	0,2	0,7	9,8	8,6	24,2
Junius.....	0,2	0,7	2,0	0,4	0,7	0,6	1,2	8,4	8,0	25,7
Julius.....	0,0	1,3	2,1	0,7	0,7	0,6	1,2	9,7	7,1	27,7
Auguſt.....	1,0	1,5	2,9	0,5	1,7	0,6	1,5	10,4	6,2	25,8
September	2,5	2,2	2,9	2,3	2,3	4,0	2,0	8,8	10,2	25,6
October....	5,8	3,1	6,7	5,2	3,1	5,0	7,5	13,9	16,2	23,3
November..	5,5	4,5	6,0	7,2	1,9	9,2	9,3	12,8	15,3	20,9
December..	4,8	4,5	6,1	5,3	1,2	4,4	7,9	14,3	14,0	20,7

	London	Curhaven	Hamburg	Berlin	Moscau	Stuttgart	München	Tegernſee	Peiſſenberg	St. Gotthardt
Jahr........	33,8	29,4	52,3	33,6	18,2	38,8	47,1	134 6	132,9	277
Winter.....	40,5	40,2	36,5	41,3	22,0	32,5	39,3	2[illegible],0	28,5	20,5
Frühling ...	15,0	14,6	20,3	10,1	20,9	15,9	12,5	25,4	24,1	25,5
Sommer...	3,6	12,0	13,4	4,8	17,0	4,6	8,3	21,2	16,0	28,5
Herbſt......	40,9	33,3	29,8	43,8	40,1	47,0	39,9	26,4	31,4	25,5

Nach dieſer Tabelle ſind in London, Curhaven, Hamburg, Berlin, Stuttgart und München Nebel im Winter und Herbſt offenbar viel häufiger als im Sommer, wo faſt gar keine auftreten. Dieß hat daher ſeinen Grund, daß während der Boden noch vom Sommer her einigermaßen erwärmt iſt, die Luft ſchon tiefer erkältet iſt. Daher nehmen auch gegen das Frühjahr zu die Nebel wieder ab, indem Luft- und Boden-Temperatur gleichmäßig werden. Nur in Moscau ſind im Sommer die Nebel faſt eben ſo häufig, wie im Winter, welches daher rühren mag, daß die Temperatur im Winter ſo gering iſt, daß der Niederſchlag wegen des geringen Dampfgehalts der Atmoſphäre nur unbedeutend ſein könnte, und weil die Dampfmenge dort im Sommer weit größer iſt, als im Winter. Aus der angeführten Tafel ſieht man ferner, daß die Anzahl der jährlichen Nebeltage an den verſchiedenen Orten ſehr verſchieden iſt, auf dem St. Gotthardt iſt ſie faſt zehnmal größer, als in den Ebenen. Im Allgemeinen ſind die Nebel auf den Gebirgen häufiger, als in den Ebenen. Auf den trockenen Ebenen Aſiens und Afrikas fehlen die Nebel faſt gänzlich, doch wird die Luft dafür häufig durch aufgetriebene Sand- und Staubwolken, welche der Wind mit ſich führt, verdunkelt. Wenn die Dämpfe, namentlich im Sommer, mit Schnelligkeit in die Höhe geriſſen werden, ſo können ſie (wie Kämtz bemerkt) durch partielle an den Wänden der Berge herabſinkende Stürme leichter condenſirt werden. Dieſe Condenſation wird im Sommer, wo der Dampfgehalt der Atmoſphäre größer iſt, als im Winter, weit auffallender ſein. Daher ſteigt die verhältnißmäßige Zahl der Nebeltage im Sommer deſto mehr, je höher wir aufſteigen, ſo daß auf dem Gotthardt der Sommer das Uebergewicht hat. Am häufigſten ſind die Nebel in den Polarmeeren, namentlich auf dem nördlichen Theile des atlantiſchen Meeres, in der Nähe von New-Foundland. Der Grund dieſer Nebel iſt der Golfſtrom, der ſich hier von Oſten nach Süden wendet und immer eine Temperatur hat, welche die der über ihn befindlichen Luft bei weitem überſteigt. Im Allgemeinen ſind die Nebel am häufigſten an der Nähe der Küſten und großen Seen, wo die Luft ſtets mit Feuchtigkeit erfüllt iſt, und wo ein ſchneller Temperaturwechſel häufiger einzutreten pflegt. Bekannt ſind die Nebel an der niederländiſchen Küſte, beſonders zu Amſterdam, wo die Dunkelheit zuweilen

ſo groß wird, daß die Wagen an einander fahren und Fußgänger in die Kanäle gedrängt werden. Nach v. Humboldt herrſchen ſtarke und anhaltende Nebel auch an der Küſte von Peru, ſo daß die Schifffahrt 4 bis 5 Monate wo nicht unterbrochen, doch ſehr beſchwerlich gemacht wird. Englands und Norwegens Küſten ſind reich an Nebeln. — Oft lagern ſich die Nebel in der Tiefe der Thäler, wo ſie dann von den Höhen aus als weiße flockige Wolken erſcheinen. In engen Thälern gleichen ſie, beſonders in heißen Sommernächten, einer Waſſerfläche, in der ſich die emporragenden Gegenſtände abſpiegeln. Noch häufiger ſind aber die Spitzen der Berge in Nebel eingehüllt, welche von unten betrachtet, den Wolken gleichen, und oben die Ausſicht in die Thäler und Ebenen verhindern.

Man unterſcheidet häufig aufſteigende und niederſinkende Nebel. Sobald ſich der Nebel an der Oberfläche der Erde niederſchlägt, ſo erwartet man mit Recht heiteres Wetter, indem mit jedem ſolchen Niederſchlage die Luft an überflüſſiger Feuchtigkeit verliert. Beim Steigen des Nebels ſammelt ſich die Luft in der Höhe der Atmoſphäre und kommt endlich von da als Regen wieder herab. Der aufſteigende Nebel verkündet daher Regen.

Die Nebel ſind häufig übelriechend und dieſes rührt dann ſtets von Stoffen her, die ſich in Dampfgeſtalt oder in fein zertheiltem Zuſtande in der Atmoſphäre befinden. Die riechenden Stoffe erheben ſich entweder zugleich mit dem von der Erdoberfläche aufſteigenden Dampfe, oder werden mit der Luft aus ferneren Gegenden zugeführt. Daß viele riechbare Subſtanzen ſehr geneigt ſind mit der atmoſphäriſchen Feuchtigkeit ſich zu verbinden, kann man unter andern daraus entnehmen, daß viele Blumen erſt in der feuchteren Abend= und Nachtluft zu duften beginnen. Am häufigſten ſind aber die trockenen Nebel riechbar.

Die trockenen Nebel verbinden ſich häufig mit feuchten Nebeln. Dunſtförmige, die Luft verdunkelnde, trockene Subſtanzen, Rauch u. dgl. erheben ſich namentlich an Orten, wo eine große Anzahl von Menſchen zuſammenwohnen, daher beſonders in großen Städten. In London herrſcht häufig ein ſtarker Nebel, der die Luft ſo verfinſtert, daß in den Kaufläden oft den ganzen Tag über Licht gebrannt werden muß, daß trotz der vortrefflichen Straßenbeleuchtung die Menſchen gegen einander laufen und in den Straßen ſich verirren. Oft herrſcht während eines ſolchen Nebels in der Stadt, in der Umgegend ganz heiteres Wetter. Auch in anderen großen Städten, namentlich in Paris, kommt Aehnliches vor. Solche gemiſchte Nebel entſtehen, wenn kältere Luftſchichten über der Stadt lagern, die aufſteigenden Waſſerdünſte ſich zu Nebel verdichten, und ſich dieſe mit dem Rauche der Schornſteine u. ſ. w. vermiſchen, wodurch ſie an Undurchſichtigkeit zunehmen und übelriechend werden. Von dieſen gemiſchten Nebeln unterſcheiden ſich noch die ganz trockenen Nebel, welche aus Rauch und andern in Dampf= oder Staubform verflüchtigten Subſtanzen beſtehen. Man ſieht ſie faſt ſtets über größeren Städten, bald mit größerer, bald mit geringerer Dichtigkeit ſchweben. Die gewöhnlichen feuchten Nebel verdunkeln das Bild der Sonne je nach dem Grade ihrer Dichtigkeit. Sind die Nebelſchichten

aber von ungleicher Dichte, ſo zeigen ſie das Sonnenbild zuweilen matt oder bläulich weiß, zuweilen, und dieß iſt am häufigſten, bräunlich roth. Trockne Nebel der Art, welche bald über größeren bald über kleineren Strecken, bald kürzere bald längere Zeit ſchweben, heißen: Höhrauch, Höhenrauch, Heerrauch, Haarrauch, Landrauch, Sonnenrauch, Heiderauch. Eine der großartigſten und bekannteſten hierher gehörigen Erſcheinungen iſt die des Höhenrauchs von 1783, von welchem Muncke folgende Beſchreibung zuſammengeſtellt hat. Derſelbe zeigte ſich am früheſten, nämlich am 24. Mai nach vorausgegangenem heitern Wetter in Kopenhagen, dann am 6. und 7. Juni in Rochelle, worauf er wieder verſchwand, bis er am 18. Juni meiſtens nach vorausgegangenen Gewittern und kalten Winden ſehr allgemein und von bedeutender Dicke zum Vorſchein kam. Am 19. Juni beobachtete man ihn zuerſt in Franeker, am 22. in Spydberga, am 23. auf dem St. Gotthardt und in Ofen, am 24. in Stockholm, am 25. in Moskau und gegen das Ende des Monats in Syrien. Derſelbe verbreitete ſich alſo über Norwegen, Schweden und Rußland, bedeckte das Meer zwiſchen Norwegen, und Holland, war über England eben ſo dick als über dem europäiſchen Continente, erſtreckte ſich bis 50 Meilen vom Lande ab über den atlantiſchen Ocean, zeigte ſich mehr und minder anhaltend über Frankreich, Deutſchland, Italien, dem adriatiſchen und mittelländiſchen Meere, und dehnte ſich bis über einen Theil von Aſien und Afrika aus. In der Regel war er gleichmäßig dicht und ſchien in ziemlich gleicher Höhe über der Erde zu ſchweben, insbeſondere in denjenigen Gegenden, wo zugleich eine außerordentliche Dürre herrſchte, an einigen Tagen erhob er ſich jedoch, namentlich auf dem St. Gotthardt, dem Salève, dem Ventoux und den Alpen der Dauphiné bis zu 6000, ja 10000 F. Höhe, an anderen dagegen ſenkte er ſich ſo tief herab, daß die Spitzen jener Berge über ihn hervorragten, in den meiſten Gegenden aber ſchien er ſich von oben herab zu ſenken. Seine Dicke nahm im Ganzen vom 18. Juni an zu, ſchien im Anfange des Monats Juli an einigen Orten abzunehmen, ſo daß man glaubte, er werde verſchwinden, jedoch dauerte er mit wiederkehrender Stärke bis ans Ende deſſelben, zeigte ſich in geringerem Maße an verſchiedenen Orten noch zuweilen im Auguſt, in Kopenhagen aber dauerte er dieſen ganzen Monat und verſchwand endlich bis zum gänzlichen Aufhören am 26. September. Gleichzeitig herrſchte faſt überall Windſtille oder ein ſchwacher Nordwind, jedoch waren die an einzelnen Orten zum Ausbruche kommenden Gewitter und die ſie begleitenden Stürme nicht vermögend, ihn gänzlich zu zerſtreuen, wenn ſie ihn gleich etwas verminderten, wie denn namentlich dieſes bei den heftigen Regen zu Franeker am 20. Juni der Fall war. Sein Verſchwinden erfolgte an den verſchiedenen Orten unter ſehr ungleichen Umſtänden; an vielen war es mit Gewittern verbunden oder ging dieſen voraus, z. B. in Paris nach einem ſchweren Gewitter am 21. Juli, in Narbonne dagegen nach einem vom 24. bis zum 26. Juli anhaltenden Nordwinde; in Havre de Grace war er am 31. Juli noch ungewöhnlich ſtark, verſchwand aber nach dem Aufgange der Sonne. Eben ſo verſchieden waren die ihn begleitenden Er-

ſcheinungen. An den meiſten Orten herrſchte eine unglaubliche Dürre und große Wärme, weßwegen auch der Wein ſo vorzüglich gerieth, und manche Gegner der eben in Anwendung gekommenen Blitzableiter glaubten, dieſe verhinderten die Bildung der Gewitter. Das Unzuverläſſige einer ſolchen auf einſeitig aufgefaßte Thatſachen gegründeten Vermuthung zeigte ſich jedoch durch die ſtarken Gewitter an andern Orten, namentlich das ſehr anhaltende in Genf am 12. und 13. Juli, die gleich heftigen in Vicenza, Padua, Neapel u. ſ. w., deren durch Toaldo Erwähnung geſchieht, welcher dieſemnach glaubte, der Sommer ſei durch viele und oft einſchlagende Gewitter ausgezeichnet geweſen. Auch zu Kremnitz in Ungarn, zu Bezières und an verſchiedenen anderen Orten waren die Gewitter ungemein zahlreich und heftig. Allgemein war die Luft ſehr verdunkelt, und man konnte mit bloßen Augen die Sonne betrachten, die ein bräunlich rothes, am Morgen und Abende tiefbraunrothes oder blutrothes, zuweilen jedoch ein gelbes oder blaß-weißliches Anſehn hatte. Der Nebel zeigte durchaus keine Feuchtigkeit, vielmehr gaben die Hygrometer große Trockenheit an, und das Verdunſten des Waſſers der Salzſoolen erfolgte nach Lamanon ſchneller als gewöhnlich; meiſtens verbreitete derſelbe einen Geruch, welcher ſchwefelig genannt wird, gab an einigen Orten dem Waſſer des Thaues einen unangenehmen Geſchmack und machte es nachtheilig für die Pflanzen, ſo daß namentlich in Narbonne die Wein- und Olivenblätter dadurch verdorret ſein ſollen, wenn dieſes nicht anders Folge der herrſchenden Dürre war. In Gröningen und Moskau vergelbten gleichfalls die Blätter und Gräſer, im Neapolitaniſchen ſoll der Nebel den Thau eiſenhaltig gemacht haben. Des Vasquiers beobachtete aber, daß er die Farbe der friſch gefärbten Cattune angriff, und ſchloß hieraus auf die Anweſenheit von ſchwefeligſaurem Gas, in Gröningen und Friesland endlich wollte man bemerkt haben, daß er nicht bloß zum Huſten reize, ſondern auch das der Luft ausgeſetzte Kupfer angreife. Durch alle dieſe Thatſachen wird man berechtigt, auf die Anweſenheit mineraliſcher Beſtandtheile zu ſchließen. Als etwas ſehr Auffallendes wird aber erzählt, daß in der Nacht des 20. Juli zu Bramley in Kent bei einem heftigen Gewitter der Blitz den Nebel entzündet habe, welcher dann nach dem Aufhören des Donners mit einem hellen und weißen Lichte, jedoch ohne alles Geräuſch, ſo ſtark leuchtete, daß man dabei leſen konnte. Muncke meint, dieſe Erſcheinung ſei aus der vom Dunſte unvollkommen abgeleiteten Elektricität zu erklären.

Große Aehnlichkeit mit dem eben beſchriebenen hatte der Höhenrauch, welcher ſich am 18. Aug. 1821 über England zeigte. Er zog in der Richtung von Norden nach Süden. Morgens beobachtete man ihn in Eſſex und London. Man konnte die Sonne mit bloßen Augen betrachten, indem dieſelbe ſo weiß und ſeidenartig erſchien, daß Landleute ſie für einen Luftballon hielten. Am Abende des beſagten Tages ſah man den Höhenrauch in Paris, und am 19. erblickte man ihn in Viviers, wo er erſt am 30. verſchwand. — Ueber mehre Gegenden von Nord-Amerika verbreitete ſich 1819 ein dichter ſchwarzer Nebel, der am 23. Nov. am ſtärkſten zu Montreal in Canada war. Am Mor-

gen fiel während der Dauer deſſelben ein wie Tinte ſchwarzer Regen. Hierauf blieb es bis zum 25. heiter, da ließ ſich Mittags ein ſo ſchwarzer Nebel nieder, daß man Licht anzünden mußte. Zugleich will man einen ſchwachen Erdſtoß bemerkt haben, gewiß aber iſt nur, daß um 3 Uhr ein Gewitter mit ſtarkem ſchwarzen Regen erfolgte, worauf der Nebel verſchwand. Aus chemiſchen Analyſen ergab ſich, daß die ſchwarze Subſtanz Ruß oder Kohlenſtaub war und von großen Waldbränden herbeigeführt worden war. Trockene Nebel ſind auch ſpäter, namentlich im nördlichen Deutſchland beobachtet worden, wo ſich zum Theil nachweiſen ließ, daß ſie eine Folge des Verbrennens der Wurzelfaſern in den moorigen Gegenden Niederſachſens (des ſogenannten Moorbrennens) waren. Schon aus dieſem letzten Umſtande ſcheint hervorzugehen, daß die trockenen Nebel ihren Urſprung dem Rauche und dem Ruße oder Kohlenſtaube verdanken, der ſich zu Zeiten von der Oberfläche der Erde erhebt. Sowohl an der Oberfläche der Erde geſchehende, als unterirdiſche Brände, die ſich in vulkaniſchen Erſcheinungen äußern, können die Urſache ſein. Daher finden wir auch, daß die bedeutendſten Erſcheinungen von Höhenrauch in ſolche Zeiten fallen, die zugleich durch vulkaniſche Ausbrüche ſich auszeichnen. So erzählen ältere Schriftſteller von einem bedeutenden Höhenrauche i. J. 526 n. Chr., welcher mit dem großen Erdbeben in Syrien zuſammenfällt. Der Höhenrauch von 1764 war wahrſcheinlich eine Folge des ſtarken Rauchens des Aetna in dieſem Jahre, und der große Höhenrauch von 1783 trifft mit dem ſchrecklichen Toben der isländiſchen Vulkane, namentlich des Skaptar-Jökul, zuſammen. Bei dieſer Gelegenheit wurde eine unermeßliche Maſſe vulkaniſcher Aſche ausgeworfen, welche die Luft ſo verdunkelte, daß man in Island ſelbſt die Sonne nur ſelten erblickte, und das ganze Land ſo davon eingehüllt war, daß es bis in die Mitte September die Seefahrer nur erſt erblickten, wenn ſie ſich dicht in der Nähe der Küſte befanden. In Perſien trat ein Höhenrauch auf, nachdem i. J. 1721 in Tauris und Georgien ein ſtarkes Erdbeben ſich ereignet hatte. (Vergl. Art. Berge, feuerſpeiende).

Nebelflecke heißen die am nächtlichen Himmel ſichtbaren lichten Flecke, welche meiſt aus einer großen Anzahl ſcheinbar nahe bei einander ſtehender Fixſterne beſtehen, die aber wegen ihrer zu großen Entfernung mit bloßen Augen nicht mehr als einzelne Sterne unterſchieden werden können, ſondern zuſammen eine lichte Wolke bilden. Der ältere Herſchel hat ſchon über dreitauſend Nebelflecke entdeckt und es gelang ihm mit Hilfe ſeiner Teleſkope viele derſelben in einzelne Sterne aufzulöſen. Andere Nebelmaſſen löſen ſich indeß auch durch die beſten Fernröhre nicht in einzelne Sterne auf. Von den eigentlichen Nebelflecken des Himmels unterſcheiden ſich die ſogenannten Nebelſterne und Sternnebel. Jene ſind eigentlich hellleuchtende Fixſterne mit lichten und nebeligen Atmoſphären, deren Grenzen ſich allmählig verlieren; dieſe beſtehen aus Fixſternen, die mit Nebeln von beſonderer Geſtalt, von der eines Pinſels, eines Fächers, einer Locke, einer Wulſt und dgl., in Verbindung ſtehen. Herſchel d. ä. unterſchied 8 ver-

ſchiedene Arten von Nebelmaſſen. Der jüngere Herſchel hat ſpäter, jener Eintheilung aufgebend, die Nebelflecke durch die Rectaſcenſion und Declination beſtimmt. Einige Gegenden des Himmels ſind reicher, andere ärmer an Nebelflecken. Die meiſten Nebelflecke bilden zuſammen eine Zone, welche ähnlich der Milchſtraße einen größten Kreis um den ganzen Himmel bildet. Dieſe Nebelzone geht nahe durch die beiden Nachtgleichen-Punkte, und durchſchneidet die eigentliche Milchſtraße (welche übrigens ſelbſt nur eine den übrigen ähnliche Nebelmaſſe iſt, ſ. d. Art.) unter einem rechten Winkel. In den Sternbildern der Jungfrau, der Berenice und des großen Bären ſind die Nebelflecke am meiſten zuſammengedrängt. Die äußerſte Grenze der Nebelflecke iſt in der Regel ſcharf abgeſchnitten und der ſie umgebende Theil des Himmels zeichnet ſich durch Reinheit aus.

Zu den Sterngruppen, die ſchon durch das freie Auge oder durch ſchwache Fernröhre in einzelne Sterne ſich auflöſen laſſen, gehören die Pleiaden, das Haupthaar der Berenice, eine lichte Wolke im Wehrgehenke des Perſeus u. a.

Unter teleſkopiſchen Gruppen verſteht man die Nebelflecke, welche ſich mit Hilfe ſtärkerer Fernröhre in einzelne Sterne auflöſen laſſen. Sie ſind in der Regel von runder, oft genau kreisförmiger Geſtalt. Die Menge der in ihnen zuſammengedrängten Sterne iſt unzählbar, indem nach Herſchels Schätzung oft 10 bis 20000 Sterne in einem kugelförmigen Raume zuſammengedrängt ſind, deſſen Oberfläche kaum ein Zehntel der Oberfläche des Vollmonds beträgt. Gewöhnlich ſind die einen Nebelfleck bildenden Sterne ſcheinbar alle gleich groß, doch findet man zuweilen auch einen oder einige größere Sterne in der Mitte der Gruppe, die ſich dann oft auch durch eine rothe Farbe auszeichnen, oder auch eigentliche Doppelſterne ſind.

Die unauflöslichen Nebelmaſſen des Himmels bedecken oft mehre Quadratgrade des Himmels, und zeichnen ſich durch ihr helleres Licht und durch eigenthümliches ſchuppen- oder fleckenartiges Anſehen aus. In vielen Nebeln bemerkt man einen durch hellere Farbe ausgezeichneten, in der Regel kreisrunden Theil, den Kern des Nebels. Die Nebel von regelmäßiger Geſtalt haben, beſonders wenn ſie kreisrund ſind, meiſtens einen hellen Kreis in der Mitte, deſſen Umfang mit dem des ganzen Nebels concentriſch iſt. Häufig finden ſich 2 Nebel, welche durchaus zuſammen zu gehören ſcheinen, und die man Doppelnebel nennt. Einige ſind durch Nebelbänder mit einander verbunden, andere fließen in ihren nächſten Grenzen in einander, und zuweilen findet ſich an dem einen eine Hervorragung, welcher eine Vertiefung an dem andern entſpricht.

Die bisher erwähnten Nebel nehmen ſämmtlich gegen ihre Mitte an Helligkeit zu, von ihnen unterſcheiden ſich die planetariſchen Nebel. Dieſe erſcheinen uns ganz ſo wie die Planeten als völlig kreisrunde, ſelten etwas ovale, ſcharf begrenzte Scheiben von mehren Secunden im Durchmeſſer, die durchaus daſſelbe gleich ſtarke Licht haben, indem ſie an den Rändern eben ſo hell, wie in der Mitte ſind. Ihr Umkreis iſt jedoch zuweilen noch mit einem concentriſchen nebeligen

Rande wie von einer Atmoſphäre umgeben. Die Oberfläche derſelben iſt mit einem leichtſchuppigen oder flockigen Lichte überzogen. Dieſelben ſcheinen ſchwach leuchtende Körper von gewaltiger Größe zu ſein.

Oft iſt ein Fixſtern von einem Nebel, wie von einer Atmoſphäre umgeben; oft finden ſich mehre einzelne Sterne in denſelben Nebel eingeſchloſſen; oft endlich finden ſich mannigfaltig geſtaltete Nebelſtrahlen in der Nähe der Sterne.

Beſonders merkwürdig ſind die ringförmigen Nebel. Der Ring des Saturns iſt ein Beiſpiel eines ſolchen in unſerm Planetenſyſteme. Im Allgemeinen ſind es Nebelflecke, welche in ihrem Innern offen ſind, alſo eine dunkle Stelle zeigen, in der bisweilen einer oder mehre Sterne, oder ein runder lichter Stern ſtehen.

Bei fortgeſetzten Beobachtungen hat man namentlich an dem großen Nebel im Orion Veränderungen wahrgenommen, ſowohl in Bezug auf den vom Nebel eingenommenen Raum, als auf die Vertheilung des Lichtes in ihm. Namentlich hieraus ſcheint ſich zu ergeben, daß man weſentlich 2 Arten von Nebeln zu unterſcheiden habe: erſtens ſolche, welche entfernte Sterngruppen ſind, und zweitens ſolche, die aus einer dünnen lichten Maſſe beſtehen, wahrſcheinlich der Materie, aus welcher ſich bei zunehmender Concentration erſt Kernnebel, dann planetariſche Nebel, dann Fixſterne mit Nebelatmoſphären und endlich ſcharf begrenzte Fixſterne bilden.

Nebenplaneten, Monde, Trabanten, Satelliten der Hauptplaneten heißen diejenigen an ſich dunkeln Körper, welche ſich um einen oder den andern Planeten unſers Sonnenſyſtems und mit dieſem zugleich um die Sonne herumbewegen. Unſer Mond iſt ein Nebenplanet der Erde, und eben ſo haben Jupiter, Saturn und Uranus Trabanten.

Nebenplaneten des Jupiter gibt es vier, welche i. J. 1610 von Galiläi entdeckt worden ſind. Folgende Tafel gibt ihre Umlaufszeiten und Entfernungen von dem Mittelpunkte des Jupiter und die wahren Halbmeſſer derſelben an.

	Umlaufszeiten in Tagen			Entfernungen		Halbmeſſer
	ſideriſche	tropiſche	ſynodiſche	in Theilen des Jupiteräquators	in geogr. Meilen	in geogr. Meilen
I.	1,76914	1,76914	1,76987	5,818	54980	286
II.	3,55118	3,55118	3,55409	9,256	87470	230
III.	7,15455	7,15455	7,16638	14,765	139530	400
IV.	16,68902	16,68899	16,75355	25,969	245400	290

Wenn man durch Fernrohre den Jupiter und ſeine Monde beob- achtet, ſo bemerkt man bald, daß bald der eine, bald der andere Mond plötzlich verſchwindet und nach einigen Stunden weiter öſtlich wieder er- ſcheint. Dieß ſind offenbar Mondſinſterniſſe, welche durch den Schat- ten des Jupiter hervorgebracht werden, und man ſieht zugleich daraus, daß ſowohl der Jupiter als ſeine Monde an ſich dunkle Körper ſind, die ihr Licht erſt von der Sonne empfangen. Durch ſcharfe Fernröhre kann man dieſe Monde auch an dem öſtlichen Rande in die Scheibe des Planeten eintreten und über dieſe nach dem weſtlichen Rande zu hinge- hen ſehen. Dann folgen den Monden ziemlich gleich große, dunkle Flecke auf der Scheibe des Planeten, welche ſich mit gleicher Geſchwin- digkeit auf den vom Monde zurückgelegten Wege hinbewegen. Dieſe Flecke ſind die Schatten, welche die Monde auf den Planeten werfen, und für jeden Punkt des Planeten, auf welchen ſo der Schatten eines der Monde fällt, findet eine Sonnenfinſterniß ſtatt.

Aus der Vergleichung der mittleren Längen der drei dem Jupiter nächſten Monde ergibt ſich, daß für jede gegebene Epoche die Länge des erſten oder nächſten, ſammt der Länge des zweiten, weniger der dreifa- chen Länge des dritten immer gleich 180° iſt. Eben ſo iſt die mittlere ſideriſche Bewegung des erſten für irgend einen Zeitraum, ſammt der doppelten des zweiten immer gleich der dreifachen Bewegung des drit- ten während derſelben Zeit. Hieraus folgt, daß dieſe drei Monde niemals zugleich verfinſtert ſein können. Die Bahnen, welche die Nebenplaneten des Jupiter um ihren Hauptplaneten beſchreiben, ſind (wie dieſes auch bei unſerm Monde gegen die Erde der Fall iſt) Ellip- ſen, in deren einem Brennpunkte der Mittelpunkt des Jupiter liegt. Dieſe Bahnen haben ſämmtlich gegen den Aequator des Jupiter eine nur geringe Neigung.

Es iſt bekannt, wie man aus der Beobachtung der Finſterniſſe dieſer Monde die Geſchwindigkeit des Lichtes erkannt hat, ſ. d. Art. Licht S. 351. Ferner hat man ſich derſelben auch zu Beſtimmung der geographi- ſchen Länge oder der Meridian-Differenzen der Beobachtungsorte auf der Oberfläche der Erde bedient, ſ. d. Art. Merdian.

Aus den vorhin angegebenen Größenverhältniſſen der 4 Monde des Jupiter ergibt ſich, daß in Bezug auf ihre Durchmeſſer der erſte und vierte nahe doppelt ſo groß, als der Mond der Erde ſind; der dritte hat einen fünfmal größeren Durchmeſſer als unſer Mond, und der zweite iſt ihm faſt gleich. Von der Oberfläche des Jupiter erſchei- nen dieſe Monde in derſelben Ordnung unter dem ſcheinbaren Durch- meſſer von 33, 17, 19 und 7 Minuten, von der Erde aber erſcheint keiner dieſer Durchmeſſer noch 2 Secunden groß. Beſondes großartig muß der Anblick des Jupiter von ſeinen Monden aus ſein, indem von dem nächſten Monde aus die Oberfläche des Jupiter 1370 mal größer erſcheint als uns die Oberfläche der Sonne; von dem zweiten Monde aus 620, von dem dritten aus 240 und von dem vierten aus 78 mal größer. Dagegen hat die Sonne, vom Jupiter und ſeinen Monden aus geſehen, nur noch einen ſcheinbaren Durchmeſſer von 6 Minuten. Daher ſehen die Bewohner des erſten oder nächſten Mondes die Ober-

fläche des Jupiter 37000, die des zweiten 14600, die des dritten 5800 und die des vierten 1800 mal größer, als ſie die Sonne ſehen, von welcher ſie im Mittel 108 Mill. Meilen entfernt ſind.

Wahrſcheinlich bewegen ſich auch die Monde des Jupiter, ſo wie der der Erde, zugleich einmal um ſich ſelbſt, während ſie einmal ihre Bahn um den Jupiter zurücklegen. Dieß hat man namentlich aus Beobachtungen des vierten Jupiter-Trabanten geſchloſſen. Derſelbe zeigt nämlich eine periodiſche Aenderung ſeines Lichtes, indem er immer dann am ſtärkſten glänzt, wenn er weiter als Jupiter von der Erde entfernt iſt, und am ſchwächſten, wenn er für uns diesſeit ſeines Planeten ſteht, ſo daß er uns dort ſeine hellere, hier aber ſeine dunklere Seite zuzuwenden ſcheint.

Die ganze Theorie der Trabanten des Jupiter iſt von Lagrange auf das Vollkommenſte bearbeitet, und von Laplace noch erweitert worden. Hiernach hat Delambre genaue Tafeln berechnet. Die Maſſen der vier Monde ſind 17, 23, 28 und 43 Milliontheile der Maſſe des Jupiter; hieraus und aus den angegebenen Größen ergeben ſich die Dichtigkeiten gleich 1, 4, 3 und 4 Zehntheile der Dichte der Erde, und der Fall der Körper auf ihren Oberflächen in der erſten Secunde 8, 16, 20 und 19 Zehntheile eines P. Fußes.

Die Monde des Saturn ſind 7 an der Zahl, und mit Ausnahme des ſechſten ſämmtlich ſo klein, daß man ſie nur durch gute Fernrohre wahrnehmen kann. Der ſechſte aber übertrifft an Größe den Mars. In folgender Tafel ſind die ſideriſchen Umlaufszeiten dieſer Monde um ihren Planeten, ihre mittleren Entfernungen von demſelben und ihre Durchmeſſer zuſammengeſtellt.

	Sideriſche Revolution in Tagen	Mittlere Diſtanz vom Mittelpunkte Saturns		Durchmeſſer in deutſchen Meilen
		in Secunden	in Halbmeſſern Saturns	
I.	0,943	28,7	3,35	—
II.	1,370	26,8	4,30	—
III.	1,888	43,5	5,28	140
IV.	2,739	56,0	6,82	140
V.	4,517	78,0	9,52	360
VI.	15,945	180,0	22,08	1050
VII.	79,350	522,5	64,36	618

Auch dieſe Monde bewegen ſich in Ellipſen um den Saturn, der in dem Brennpunkte dieſer Bahnen ſteht. Dieſe Bahnen ſind jedoch gegen die Bahnen des Saturn bei weitem ſtärker geneigt, als dieß beim Jupiter der Fall iſt, und daher ſind Finſterniſſe dieſer Monde bei weitem ſeltener. Bei dem ſiebenten Saturn-Monde hat man ebenfalls einen regelmäßigen Lichtwechſel bemerkt, woraus man ſchließt, daß dieſe Monde, wie der Mond der Erde, in derſelben Zeit einmal um ihre Axe und um ihren Hauptplaneten ſich herumbewegen.

Die 6 Satelliten des Uranus ſind noch weniger bekannt, als die des Saturn. Ihre ſideriſchen Umlaufszeiten und ihre Entfernungen von dem Mittelpunkte des Uranus ſind folgende:

	Sideriſche Umlaufszeiten in Tagen	Mittlere Entfernung in Halbmeſſern des Uranus
I.	5,89	13,1
II.	8,71	17,0
III.	10,96	19,8
IV.	13,46	22,7
V.	38,07	45,5
VI.	107,69	91,0

Mit der Bahn des Uranus ſollen die Bahnen dieſer Monde unter beinahe rechten Winkeln ſich ſchneiden.

Littrow hat folgende Elemententafeln der verſchiedenen Nebenplaneten mitgetheilt.

Elemente der Jupiter-Satelliten.

	Tropiſche Revolution	Mittlere Entfernung vom Mittelpunkte Jupiters: in Halbmeſſern der Erdbahn	Mittlere Entfernung vom Mittelpunkte Jupiters: in Halbmeſſern Jupiters	Neigung der Bahnen gegen die des Jupiter	Länge des aufſteigenden Knotens in der Ekliptik	Wahrer Durchmeſſer in Meilen
I.	1 T. 18 St. 27,55 M.	0,00258	5,698	3° 18′	314° 40′	560
II.	3 13 13,70	0,00410	9,066	3° 46′	313° 45′	460
III.	7 3 42,55	0,00654	14,462	3° 26′	314° 24′	810
IV.	16 16 32,15	0,0115	25,436	2° 36′	316° 39′	566

	Scheinbarer Durchmeſſer		Maſſe, die des Jupiter = 1	Dichte, die des Jupiter = 1	Fall der Körper auf der Oberfläche in 1 Secunde. In Par. Fuß	Fall gegen Jupiter in 1 Secunde. In Par. Fuß	Bewegung in 1 Stunde in der Bahn. In Meilen
	Auf Jupiters Mittelpunkt	Mittlerer auf der Erde					
I.	33′ 16″	1″,4	0,00002	0,7	0,8	11,2	8800
II.	17′ 13″	1″,1	0,00002	1,7	1,6	4,4	7000
III.	19′ 0″	2″,0	0,00009	1,2	2,0	1,7	5500
IV.	7′ 32″	1″,4	0,00004	1,7	1,9	0,6	4200

Elemente der Saturn-Satelliten.

	Tropiſche Revolution	Mittlere Entfernung vom Mittelpunkt Saturns		Neigung der Bahn gegen die Saturns	Durchmeſſer in Meilen
		in Halbmeſſern der Erdbahn	in Halbmeſſ. Saturns		
	T. St. M.				
I.	0 22 37,5	0,00132	3,185	28° 34′	—
II.	1 8 53,1	0,00170	4,088	28° 34′	—
III.	1 21 18,4	0,00201	4,835	28° 34′	104
IV.	2 17 44,8	0,00259	6,222	28° 34′	104
V.	4 12 25,2	0,00361	8,666	28° 34′	256
VI.	15 22 41,2	0,00832	20,000	28° 34′	680
VII.	79 7 53,7	0,02416	58,050	22° 42′	388

Elemente der Uranus-Satelliten.

	Tropiſche Revolution	Mittlere Entfernung vom Mittelpunkt des Uranus	
		in Halbmeſſern der Erdbahn	in Halbmeſſern des Uranus
I.	5 T. 21 St. 25 M.	0,00237	13,131
II.	8 17 1	0,00308	17,039
III.	10 23 4	0,00358	19,861
IV.	13 11 5	0,00411	22,776
V.	38 1 49	0,00823	45,550
VI.	107 16 40	0,01608	89,043

Neigung oder **Inklination** (v. d. griech. κλίνω neigen) **der Magnetnadel** heißt der Winkel, welchen eine Magnetnadel, die ſich in der Ebene des magnetiſchen Meridians frei um ihren Schwerpunkt bewegen kann, mit dem Horizonte macht. Geſetzt ACB Fig. 1. iſt eine Magnetnadel, welche um eine durch ihre Mitte C gehende Axe beweglich iſt und in der Verticalebene ZCH einen ganzen Umkreis durchlaufen kann; ſo wird, wenn dieſe Ebene, in welcher die Nadel ſich drehen kann, mit dem magnetiſchen Meridiane zuſammenfällt und CH die Horizontale des Ortes der Aufſtellung der Nadel iſt, ACH die Neigung der Magnetnadel für dieſen Ort ſein. Die Nadel macht mit dem Horizont offenbar 4 Winkel, von denen je 2 einander gleich ſind; man nimmt aber zur Bezeichnung der Neigung allemal den kleinſten dieſer Winkel an, und zwar genauer den kleinſten Winkel, den ihre unter den Horizont geſenkte Hälfte macht. Daher iſt die Neigung der Magnetnadel jedenfalls immer kleiner als 90°.

Wenn man eine Stahlnadel ſo aufhängt, daß genau ihr Schwerpunkt unterſtützt iſt, ſo wird ſie ſtets in der Horizontalebene des Ortes, an dem ſie aufgehängt iſt, ſchweben. Magnetiſirt man ſie aber hierauf und hängt ſie genau auf wie vorher, ſo wird ſie nicht mehr in der Horizontalebene ſchweben, vielmehr wird ſich das nordpolariſche Ende derſelben (an allen Punkten der nördlichen Halbkugel) unter den Horizont ſenken, alſo einen Winkel mit demſelben machen, welcher die Neigung der Magnetnadel heißt. Es hat alſo ganz den Anſchein, als wäre das nordpolariſche Ende der Nadel ſchwerer als das ſüdpolariſche, als wäre alſo die Nadel nicht genau in ihrem Schwerpunkte unterſtützt. Die

Neigung der Magnetnadel wurde im J. 1576 von Robert Normann entdeckt. Man hatte ſchon früher häufig Gelegenheit gehabt zu bemerken, daß die Magnetnadel bei der Annäherung gegen den Nordpol ihre Horizontalität verliere, hatte dieſen Umſtand aber durch die Annahme erklärt, daß die Nadel nicht genau unter dem Schwerpunkte unterſtützt ſei. Normann brachte am ſüdpolariſchen Ende der Nadel ein Gegengewicht an, um die Horizontalität der Nadel wieder herzuſtellen, und machte die Bemerkung, daß dieſes Gegengewicht an den verſchiedenen Beobachtungsorten verändert werden müßte. So entdeckte er die magnetiſche Neigung. Man fand daher bald, daß man, um das Phänomen vollſtändig zu beobachten, der Nadel eine ſolche Einrichtung geben müßte, daß ſie ſich frei im magnetiſchen Meridian bewegen kann. Dieſe Bedingung wird erfüllt, ſobald man die Nadel in ihrer Mitte an einer Drehungsaxe aufhängt, welche ſenkrecht auf jener Ebene des magnetiſchen Meridians ſteht. Die Apparate, deren man ſich bedient, die Neigung der Magnetnadel zu beobachten, werden Inklinationsbouſſolen, Inklinatorien, Neigungsnadeln genannt.

Wenn man mit einem derartigen Apparate z. B. von Berlin nach dem Nordpole der Erde zu reiſet, ſo bemerkt man, daß mit zunehmender geographiſcher Breite, die Neigung der Nadel immer größer wird. Dieß iſt der Fall, bis man ſich bei dem magnetiſchen Pole der Erde befindet. Hier zeigt die Neigungsnadel eine Neigung = 90° an. Reiſt man dagegen von Berlin nach dem Südpole der Erde zu, ſo nimmt anfänglich die Neigung der Magnetnadel immer mehr ab, ſie wird endlich in der Nähe des Aequators = 0, d. h. die Magnetnadel ſtellt ſich (wenn anders ihr Schwerpunkt genau unterſtützt iſt) in die Horizontalebene. Nähert man ſich dem Südpole noch weiter, ſo ſinkt nun das ſüdpolariſche Ende der Nadel unter den Horizont, und zwar immer mehr, je mehr man ſich einem der magnetiſchen Südpole der Erde nähert.

Pouillet gibt folgende Beſchreibung der Fig. 2., 3., 4. und 5. abgebildeten Inklinationsbouſſole. Fig. 3. zeigt die Nadel gg′ in der Breitenanſicht, Fig. 4. zeigt dieſelbe der Dicke nach. Die Durchſchnitte S, S′, S″ geben eine Vorſtellung von der Form derſelben. EE′ iſt eine Art von Zwinge oder Kupferring, der ſich mit ſehr ſtarker Reibung um die Mitte der Nadel anpaßt; er trägt eine Axe von Kupfer CC′, welche in 2 kleine Cylinder von polirtem Stahl aa′ ausläuft. Dieſe bilden die Drehungsaxe der Nadel. Die mathematiſche Axe aa′ dieſer beiden Cylinder muß durch den Schwerpunkt der Nadel gehen. Dieſe Bedingung zu erfüllen wird der Ring gehörig geſtellt und in der genau abgepaßten Lage durch die beiden ſeitwärts angebrachten Schrauben v und v′ befeſtigt. Fig. 2. zeigt die aufgeſtellte Nadel. Der Rectangel, auf welchem ſie ruht, iſt ein wichtiges Stück der Bouſſole. Fig. 5. zeigt eine Seite deſſelben größer und in den Einzelheiten. Er iſt zuſammengeſetzt aus einem feſten Querſtücke TT′, welches eine Schneide von Agat pp′ trägt, und aus einem anderen Querſtücke MM′, das um die Axe A beweglich iſt. Dieſes trägt eine Gabel f, welche die Drehungsaxe der Nadel aufnimmt, wenn man ſie

nicht länger auf der Agatſchneide ruhen laſſen will, und einen Halter R, welcher das Gleiten der Axe auf der Gabel verhindert. Dieſe Vorrichtung iſt ſo angebracht, daß, ſo wie man die Gabel herabläßt, um die Beobachtung zu beginnen, die Axe der Nadel genau im Mittelpunkte des graduirten Kreiſes LL′ (Fig. 2.) ſich befindet und genau ſenkrecht auf der Ebene dieſes Kreiſes ſteht. Dieſer graduirte Kreis LL′ ſteht ſenkrecht auf einer feſten Platte PP′, welche auch das Geſtell des Rectangels, ein Glasgehäuſe CC′ und eine Richtwage NN′ trägt. Alles dieß iſt beweglich um eine Axe XX′, deren Verlängerung durch den Mittelpunkt des Kreiſes LL′ geht und mithin durch den Schwerpunkt der Nadel. Ein an die Platte PP′ befeſtigter Nonius nn′ durchläuft den Azimuthalkreis ZZ′, um auf dieſem in jedem Augenblicke die Winkel meſſen zu können, um welche man den Kreis LL′ verrückt hat. — Um nun mit dieſem Inſtrumente die Neigung zu beobachten, nachdem die Abweichung der Magnetnadel (ſ. d. Art.) oder die Richtung des magnetiſchen Meridians ſchon bekannt iſt, ſtellt man die Ebene des ſenkrechten Kreiſes LL′ in dieſe Richtung. Alsbald ſtellt ſich die Nadel von ſelbſt in die Richtung der Neigung. Will man nicht abwarten, bis ſie ſich in dieſer Stellung fixirt hat, ſo beobachtet man, bis zu welchen Graden (am Kreiſe LL′) die Nadel bei den kleinen Oscillationen, welche ſie macht, ausſchlägt, und nimmt aus dieſen das Mittel. Nach dieſem erſten Reſultate wendet man die Nadel ſo um, daß der vorher weſtlich gerichtete Theil der Drehungsaxe nun nach Oſten ſteht, ohne aber zugleich die Pole der Nadel umzuwenden, und ſtellt die Beobachtung wie vorher an. Durch dieſe Umwendung, indem man das zuerſt erhaltene Reſultat der Beobachtung mit dem zuletzt erhaltenen vergleicht, erhält man ein Mittel, diejenigen möglichen Fehler der Beobachtung zu verbeſſern, welche aus einer Ungleichmäßigkeit in der Magnetiſirung der Nadel, oder nicht völligen Genauigkeit in der Unterſtützung des Schwerpunktes entſtehen können. Da aber dieſe beiden Quellen eines möglichen Irrthumes nur erſt unvollkommen compenſirt ſind, ſo magnetiſirt man hierauf die Nadel im entgeſetzten Sinne, ſo daß das vorher nordpolariſche Ende zum ſüdpolariſchen wird, und macht noch zwei Beobachtungen, indem man wie vorher die Nadel ſeitwärts umwendet. Das Mittel aus dieſen vier Beobachtungen gibt erſt genau die Neigung der Magnetnadel für den Ort der Beobachtung.

Die Vorherbeſtimmung der Abweichung kann man ſich übrigens leicht erſparen. Denn da die Doppelkraft der Erde, welche auf die Nadel wirkt, in der Ebene des magnetiſchen Meridians enthalten iſt, ſo wird die Nadel niemals zur Abweichung aus dieſer Ebene beſtimmt. Wenn daher die Ebene des Kreiſes LL′, in welcher ſich die Nadel nur bewegen kann, nicht mit der Ebene des magnetiſchen Meridians zuſammenfällt, ſondern rechtwinklig dieſelbe ſchneidet, ſo wird ſich die Nadel ſtets in die Richtung der Linie ſtellen, in welcher die Ebene des Kreiſes LL′ und die Ebene des magnetiſchen Meridians ſich ſchneiden, alſo vertical ſtehen. Man drehe nun die Ebene des Kreiſes LL′ erſt ſo, daß die Nadel vertical ſteht, und hierauf ſtelle man den Kreis LL′ ſo ein, daß er eine Stellung einnimmt, welche mit der vorhin beobach-

teten einen Winkel = 90° macht (die Meſſung des Winkels geſchieht am Azimuthalkreiſe), ſo hat man die Ebene deſſelben ſicher in die Richtung des magnetiſchen Meridians geſtellt. Noch einfacher iſt es, durch einige Verſuche dasjenige Azimuth zu beſtimmen, bei welchem die Nadel die geringſte Neigung hat. Dieſe kleinſte Neigung iſt die wahre magnetiſche Neigung der Magnetnadel, denn nach jeder Seite hin weicht die Nadel nach der verticalen Richtung zu ab.*)

Die größte Schwierigkeit bei der Herſtellung eines Inklinatoriums liegt immer darin, daß es faſt unmöglich iſt eine Magnetnadel zu verfertigen, deren Schwerpunkt genau in ihrer Axe liegt, weil ſchon bei der Bearbeitung der Nadel dieſelbe etwas magnetiſch wird. Man darf daher bei den Beobachtungen niemals unterlaſſen, die oben angegebenen Umwendungen der Nadel vorzunehmen. Die Nadel wird nach Baumgartner am Beſten aus gutem Stahl in parallelepipediſcher Form gemacht, mit einer Länge von 10 P. Z., einer Breite von 4 L., und einer Dicke von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5}$ Linie. Bei dieſen Dimenſionen hat man weder zu befürchten, daß ſie ein zu großes Gewicht habe, noch daß ſie ſich biege. Zieht man auf beiden Seiten einer ſolchen Nadel eine gerade, durch die Drehungsaxe gehende, mit einer Kante parallele Linie, ſo kann dieſe als Merkzeichen dienen, wenn man es nicht etwa vorzieht, nebſt dieſer auf die ganze Länge der Nadel ſich erſtreckenden Linie noch an jedem

*) Pouillet gibt folgende ſehr einfache geometriſche Conſtruction an, welche erläutert, wie die Nadel ſich ſtellt, während der verticale Kreis der Bouſſole einen ganzen Umkreis um den Azimuthalkreis beſchreibt. In Fig. 6. bezeichnet VM die Richtung des magnetiſchen Meridianes. C iſt der Mittelpunkt der Nadel, A der herabgeneigte Pol derſelben und CA die Richtung, in welcher die Nadel ſich ſtellt, ſo daß die Verlängerung AF die Richtung der magnetiſchen Kraft der Erde bezeichnet; ACH iſt der Neigungswinkel, und ACV der Winkel, den die Nadel mit der Verticallinie CV macht. Wenn wir um AV als Durchmeſſer einen Kreis beſchreiben, ſo wird dieſer der geometriſche Ort aller Stellungen ſein, welche der Pol A einnimmt, während der Verticalkreis des Inſtrumentes den ganzen Umfang des Azimuthalkreiſes durchläuft, oder ſich um CV herumbewegt. In der That, ſobald der Verticalkreis in der Richtung VP′ ſteht, muß der Pol A nach A′ fallen und die Nadel in der Richtung CA′ ſtehen; denn da AA′ ſenkrecht auf VP′ ſteht, ſo iſt die Ebene CAA′ ſenkrecht auf der Ebene CVP′; da die Kraft der Erde, welche gegen A′ wirkt, AF parallel iſt, ſo liegt ſie in der Ebene CAA′, und kann folglich in zwei andre Kräfte zerlegt werden, nämlich AA′, die als ſenkrecht auf die Ebene (des Verticalkreiſes) CVP′ (in dem allein die Nadel ſich bewegen kann) aufgehoben wird, und eine andere, welche in der Richtung der Verlängerung von CA′ wirkt, welche ebenfalls aufgehoben iſt, ſobald die Nadel in der Richtung CA′ ſich befindet, weil ſie dann gegen den feſten Punkt C wirkt. Die Stellung CA′ iſt folglich die Stellung des Gleichgewichtes der Nadel. Während der Umdrehung des Verticalkreiſes um CV bewegt ſich folglich die Nadel in der

Ende mehre andere zu ziehen, welche die Stelle eines Nonius vertreten können. Die Nadel ſpitzig zu machen, wie Viele thun, oder ſie aus zwei an den Baſen verbundenen Kegeln zuſammen zu ſetzen, wie Le Noir gethan, iſt minder rathſam, weil erſtere ſich beſſer und regelmäßiger magnetiſiren laſſen. Der Stahl muß gehärtet ſein, damit er die magnetiſche Polarität dauerhaft an ſich halte. Die Axe, um welche ſich die Nadel drehen ſoll, muß genau cylindriſch ſein und auf der Ebene der Nadel ſenkrecht ſtehn. Es iſt gut, wenn ſie an beiden Enden in feine Spitzen ausläuft und mittelſt dieſer auf den Pfannen ruht. Sie wird aus Stahl gemacht und nur wenig gehärtet. Die Pfannen müſſen aus Achatplatten beſtehen, die zur beſſern Fixirung einer beſtimmten Lage der Nadel etwas ausgehölt ſein ſollen. Sie müſſen ſich durch beſondere Schrauben reguliren und in eine ſolche Lage bringen laſſen, daß die darauf gelegte Nadel ſich in der Ebene des getheilten Kreiſes bewegt und ihre Drehungsaxe genau durch den Mittelpunkt dieſes Kreiſes geht. Von Wichtigkeit iſt es, daß die magnetiſche Axe der Nadel ihre Drehungsaxe ſchneide und mit ihren Kanten parallel laufe. Dieſes wird erreicht, wenn man beim Magnetiſiren gehörig verfährt. Zu dieſem Ende wird die Nadel in ein ebenes Bret eingelaſſen, und ihr zur Seite in paralleler Richtung eine etwas hervorſtehende grade Leiſte angebracht, die dem zum Magnetiſiren gebrauchten Magnet zum Führer dient. Man thut am beſten, zu letzterem zwei gleiche, parallelepipediſche Stäbe anzuwenden, deren entgegengeſetzte Pole man auf die im Brete aufwärts gekehrte Fläche der Nadel ſo ſtellt, daß ſie dieſelbe der ganzen Breite nach decken und zugleich an jene Führleiſte anſtehen. Hat man ſie mit gleicher Stärke und Geſchwindigkeit einige Male hin- und hergeführt, ſo kehrt man die Nadel um und verfährt

---

krummen Oberfläche eines ſchiefen Kegels, deſſen Spitze C und deſſen Grundfläche der Kreis A A′ VA″ iſt.

Hieraus ergibt ſich noch eine andere Methode die Neigung zu finden, ohne die Abweichung zu kennen; denn die Linien VA, VA′ und VA″ und die übrigen ähnlichen Linien können als die Tangenten der Winkel betrachtet werden, welche die Nadel mit der Senkrechten in den verſchiedenen Azimuthen VAM, VP′, VP″ u. ſ. w. macht. Nun hat man aber für 2 Azimuthe wie VP′ und VP″, welche unter einander einen rechten Winkel machen,

$$VA'^2 + VA''^2 = A'A''^2 = VA^2.$$

Da die Winkel VCA′ und VCA″ durch die Beobachtung bekannt ſind, ſo nehme man die Summe der Quadrate ihrer Tangenten, um das Quadrat der Tangente VA zu haben, welche die Tangente des Complements des Neigungswinkels iſt. Macht man auf dieſe Weiſe mehre Beobachtungen von je zwei Richtungen des Verticalkreiſes, die ſenkrecht auf einander ſtehen, und nimmt aus den Reſultaten das Mittel, ſo kommt man zu einem Werthe der Neigung, welcher ſo viel als möglich von allen Fehlern befreit iſt, die ſich aus der Unregelmäßigkeit in der Magnetiſirung und Gleichgewichtsſtellung der Nadel ergeben können.

eben ſo mit der andern Fläche derſelben. Um ſich zu überzeugen, daß die Nadel den nöthigen Grad des Magnetismus angenommen habe, ſoll man ſie nach dem Streichen in den Kreis einſetzen und ihren Stand beobachten, hiernach abermals einige Striche auf die vorhergenannte Weiſe anbringen, und ihren Stand im Kreiſe wieder beobachten. Findet man im letztern Falle die Neigung nicht größer, ſo hat die Nadel bereits den nöthigen Grad von Stärke erhalten. Doch darf man nicht vergeſſen, daß ſie dieſen Grad nicht immer behält, ſondern beſonders durch die Einwirkung der Wärme eine Schwächung erleidet. Iſt die Nadel in Betreff aller bis jetzt beſprochenen Punkte in Ordnung, ſo muß man noch ihre **Empfindlichkeit** beurtheilen. Um dieſe kennen zu lernen, neigt man ſie, wenn die Axe in den Pfannen ruht, läßt ſie dann frei und ſieht zu, ob ſie wieder auf den vorigen Stand kommt. Letzteres iſt für eine brauchbar ſein ſollende Nadel unerläßlich. Eine fernere Operation bei Herſtellung des Inklinatoriums iſt das Juſtiren der Nadel, wodurch man unterſucht, ob ihr Schwerpunkt in der Axe liege oder nicht. Iſt nämlich die Nadel ſo weit ausgearbeitet, daß man ihr die Adjuſtirung zu geben hat, ſo glüht man ſie aus, um ihr allen Magnetismus zu benehmen, legt ſie dann mit der Axe in die dazu beſtimmten Pfannen und ſieht zu, ob ſie in jeder Lage im Gleichgewicht ſteht oder nicht. Dabei ſoll aber die Axe von Nord nach Süd gerichtet ſein, und daher die Nadel von Oſt nach Weſt ſich bewegen, damit ſie nicht etwa vom Erdmagnetismus eine ſchädliche Einwirkung während der Probe erfahre. Bleibt ſie da in jeder Lage im Gleichgewichte, ſelbſt nachdem man ſie verkehrt in die Pfannen gelegt, ſo kann man ſie als juſtirt anſehen; iſt dieſes nicht der Fall, ſo muß man da, wo es nöthig iſt, durch Wegſchleifen zu Hilfe kommen. Dieſes darf aber nicht mit einem ſtählernen Werkzeug geſchehen, (ſo wie überhaupt die Nadel nicht weiter mit Stahl oder Eiſen berührt werden ſoll), ſondern man muß die überflüſſige Maſſe mittelſt eines Schleifſteines wegnehmen. Man darf nicht erwarten, auf ſolche Weiſe eine juſtirte Nadel zu erhalten; wohl aber wird man vorausſetzen können, daß ſich dadurch der Juſtirungsfehler bis auf eine ſehr kleine Größe vermindern läßt und daß man ſich dann die Erlaubniß nehmen darf, das arithmetiſche Mittel aus der Neigung bei einer beſtimmten Magnetiſirung der Nadel und aus der bei der entgegenſetzten Magnetiſirung als wahre Neigung anzuſehen, welches nicht der Fall wäre, wenn der Juſtirungsfehler eine merkliche Größe überſchritte.

Coulomb hat zur Beſtimmung der Neigung ein anderes Mittel angegeben, welches als ſehr genau empfohlen worden iſt, aber (nach **Pouillet**) drei verſchiedenen Quellen des Irrthums ausgeſetzt iſt. Er geht von dem Principe aus, daß die Summe der Momente aller Kräfte, welche eine horizontale Nadel in den magnetiſchen Meridian zu führen ſtreben, durch die Formel $\frac{P l^2}{3\lambda}$ gegeben iſt. P iſt das Gewicht der Nadel, l die Hälfte ihrer Länge, λ die Länge des einfachen Pendels, welches ſeine Oscillation in derſelben Zeit, wie die Nadel, macht (vergl. d. Art. **Magnet** u. **Pendel**). Dieſes Princip iſt genau richtig, aber

es ſetzt erſtens voraus, daß die Nadel eine Regelmäßigkeit der Geſtalt und eine Kleinheit in ihren transverſalen Dimenſionen hat, welche man ihr niemals geben kann, und zweitens, daß ſie um eine durch ihren Schwerpunkt gehende verticale Axe oscillirt, welches niemals der Fall iſt, ſobald die Neigung einigermaßen bedeutend iſt. Wenn man dieſes jedoch vorausſetzt, ſo iſt es leicht den Zahlenwerth dieſer Summe der Momente zu finden. Bei der Nadel, deren ſich Coulomb bediente, war $P = 88,808$ Gr., $l = 213,3$ Millim., und da ſie 50 Schwingungen in 495 Secunden machte, ſo ergibt ſich $\lambda = 994 \left(\frac{495}{50}\right)^2$ und hieraus das horizontale Moment $\frac{Pl^2}{3\lambda} = 13,824$ Gr. auf 1 Millimeter Abſtand vom Centrum der Nadel. Um hierauf das verticale Moment zu finden, hängt man die Nadel gleich einem Wagebalken auf eine Axe, die ziemlich genau durch den Schwerpunkt geht; man ſucht das Gegengewicht, welches man an dem Südpole anbringen muß, um die Nadel zur Horizontalität zurück zu führen. Dieſes Gegengewicht war bei dem Verſuche von Coulomb 0,2 Gr. in 170,5 Millimeter Abſtand von der Axe. Dieſes Reſultat würde genügen, wenn die Axe wirklich genau durch den Schwerpunkt gehen könnte, aber um ſich in dieſer Beziehung ſicher zu ſtellen, magnetiſirt man die Nadel im entgegengeſetzten Sinne, und bei dieſer Gelegenheit ergibt ſich eine dritte Quelle des Irrthums. Denn man muß ſie ſo magnetiſiren, daß ſie wie das erſte Mal 50 Schwingungen in 495 Sec. macht, welches außerordentlich ſchwer iſt. Iſt dieß jedoch gelungen, ſo legt man ſie wieder auf ihre Axe, deren Stellung nicht verändert ſein darf, und ſucht aufs Neue das Gegengewicht, welches ſie horizontal macht. Daſſelbe betrug 0,2093 Gr. in 194,5 Millim. Abſtand von der Axe. Das Mittel aus beiden Gegengewichten gibt 37,348 Gr. für 1 Millimeter Abſtand, ſo daß, wenn die im horizontalen Sinne wirkende Kraft der Erde durch 13,824 dargeſtellt iſt, die im verticalen Sinne wirkende durch 37,348 gegeben iſt. Hieraus ergibt ſich als die Tangente des Winkels, welchen die gegen die Nadel in der Ebene des magnetiſchen Meridians wirkende Erdkraft mit dem Horizont macht, $= \frac{37,348}{13,824}$. Der zu dieſer Tangente gehörige Winkel 69° 41′ iſt die Neigung der Magnetnadel. So fand ſie Coulomb um das J. 1798 in Paris.

Um einen Begriff zu erhalten von der Art, wie die Neigung der Magnetnadel für einen beſtimmten Ort im Verlaufe der Zeit ſich ändert, vergleiche man folgende Zuſammenſtellung der Neigungen für die einzelnen Jahre, wie ſie zu Paris beobachtet wurden; wobei jedoch zu bemerken, daß die Angaben der Neigung vor 1798 nicht das Mittel aus vier Beobachtungen ſind, daher mit ziemlich anſehnlichen Fehlern behaftet ſein können. Die Neigung der Magnetnadel zu Paris war im Jahre 1671: 75°; 1754: 72° 15′; 1776: 72° 25′; 1780: 71° 48′; 1791: 70° 52′; 1798: 69° 51′; 1806: 69° 12′; 1810: 68° 50′;

1814: 68° 36′; 1816: 68° 40′; 1817: 68° 38′; 1818: 68° 35′; 1819: 68° 25′; 1820: 68° 20′; 1821: 68° 14′; 1822: 68° 11′; 1823: 68° 8′; 1824: 68° 7′; 1825: 68° 0′; 1826: 68° 0′; 1827: 68° 0′; 1828: 68° 0′; 1829: 67° 41′. Man ſieht hieraus, daß die Neigung zu Paris ſeit 1671 im Abnehmen iſt, daß aber die Größe dieſer Abnahme in den verſchiedenen Jahren merklich verſchieden iſt.

Da die Magnetnadel das wichtigſte Inſtrument für die Schifffahrt iſt, ſo hat man ſich, ſeit man ihr Weſen überhaupt näher erkannt hat, mit der Beobachtung ſowohl ihrer Neigung, als ihrer Abweichung angelegentlich beſchäftigt. Ablenkung und Abweichung ſind Einwirkungen des Erdmagnetismus auf die magnetiſche Nadel. S. d. Art. Magnet. Der Standpunkt unſerer Kenntniſſe über das Weſen des Erdmagnetismus kann nicht vollſtändiger angegeben werden, als indem ich den von Becquerel in ſeiner neueſten Schrift*) gegebenen Abriß der Geſchichte der Unterſuchung über den Erdmagnetismus ſeit 1790 mittheile.

I. Periode von 1790 — 1820.

Zur Beſtimmung der magnetiſchen Kraft des Erdballs — für jeden einzelnen Punkt ſeiner Oberfläche — ſind 3 Elemente nöthig, die Neigung, die Abweichung und die Anzahl der Oscillationen, welche die Magnetnadel macht. Die Neigung und Abweichung geben die Richtung jener Kraft, die Anzahl der Oscillationen ihre Intenſität. Die erſten Verſuche zu gleichzeitiger Beobachtung dieſer 3 Elemente machte Halley um 1700, aber ſeine Beobachtungen, ſo wie die, welche nach ihm gemacht wurden, ſind größtentheils unbrauchbar, weil die Nadeln, deren man ſich bediente, weder ähnlich, noch unter einander verglichen waren. Seit 30 Jahren hat man jedoch aus den verſchiedenſten Gegenden mit vergleichbaren Inſtrumenten angeſtellte Verſuche. Seit langer Zeit bemüht man ſich den magnetiſchen Aequator zu beſtimmen, d. h. diejenige Linie, welche von den Punkten der Erdoberfläche gebildet wird, an denen die Neigung der Magnetnadel gleich Null iſt. Anfangs glaubte man, daß dieſe Linie ein größter Kreis der Erde ſei, welcher ungefähr 12 Grad gegen den Aequator geneigt wäre und dieſen in 2 Punkten oder Knoten ſchnitte, deren einer der weſtlichſte, ungefähr unter 115° 34′ weſtlicher Länge von Paris, und deren anderer bei 295° 34′ weſtlicher Länge läge. Biot ſuchte zu beweiſen, daß zwiſchen 256° weſtlicher Länge und 158° 50′ der magnetiſche Aequator den Erdäquator wenigſtens noch einmal ſchneidet. Hiernach würde es wenigſtens 3 und vielleicht 4 Knoten geben. Morlet ſuchte die Stellung jener Knoten und die wahre Geſtalt des magnetiſchen Aequators genau zu beſtimmen, indem er von Beobachtungen ausging, die an Punkten angeſtellt waren, wo die Neigung ſehr gering war. Auch Hanſteen ſuchte den magnetiſchen Aequator zu beſtimmen. Beide Phyſiker legen im Ganzen den magnetiſchen Aequator zwiſchen Afrika und Amerika ſüdlich vom Erdäquator. Die größte Entfernung die-

*) Traité experimental de l'électricité et du magnétisme par M. Becquerel. Paris 1834. 1835. (3 Theile.)

ſer Curven entſpricht ungefähr 25° weſtlicher Länge und beträgt in der Charte von Hanſteen 13° bis 14°. Man findet einen Knoten in Afrika unter 22° ö. L., welchen Morlet 4° weiter nach Weſten legt. Geht man von dieſem Knoten aus, indem man nach der Küſte des indiſchen Meeres vorrückt, ſo entfernt ſich die Linie ohne Neigung ſchnell gegen Norden vom Aequator, tritt ein wenig ſüdlich vom Cap Guardafui aus Afrika und erreicht im arabiſchen Meerbuſen ſeine größte nördliche Abſchweifung (ungefähr 12°) unter 62° ö. L. Zwiſchen dieſem Meridian und dem 174° der Länge liegt der magnetiſche Aequator fortwährend auf der nördlichen Halbkugel. Die Linie ſchneidet die indiſche Halbinſel ein wenig nördlich vom Cap Comorin, geht durch den bengaliſchen Meerbuſen, indem ſie ſich dem Erdäquator nähert, von dem ſie am Eingange des Meerbuſens vom Siam nur 8° entfernt iſt, ſteigt hierauf gegen Norden, berührt faſt die Nordſpitze von Borneo, geht über die Inſel Palawan, den Ort, welcher die ſüdlichſte Inſel der Philippinen von der Inſel Maghindano trennt, und befindet ſich unter dem Meridian von Waigiou aufs Neue bei 9° n. B. Von da geht der magnetiſche Aequator durch die Carolinen, ſenkt ſich dann ſchnell gegen den Erdäquator und durchſchneidet ihn nach Morlet unter 174°, nach Hanſteen unter 187° ö. L. Bei weitem weniger Ungewißheit herrſcht über die Lage eines zweiten Knoten, der ebenfalls im ſtillen Meere liegt, uud deſſen weſtliche Länge ungefähr 120° ſein ſoll. Aber während Morlet annimmt, daß der magnetiſche Aequator den Erdäquator nur berührt und ſich dann ſogleich gegen Süden wendet, geht nach Hanſteen die Linie ohne Neigung auf die nördliche Halbkugel über, und nach einer Ausdehnung von ungefähr 15° L. ſchneidet ſie hernach aufs Neue den Gleicher bei 23° Abſtand von der Weſtküſte Amerikas. Uebrigens entfernt ſich der magnetiſche Aequator nach Hanſteen von dem Erdäquator nicht weiter als anderthalb Grad, und überhaupt iſt dieſe Linie, von der, welche Morlet angibt, in der Richtung der Breiten-Grade nirgends 2 Grad entfernt.

Der magnetiſche Aequator ſcheint nach den directen Beobachtungen der Knoten eine jährlich fortrückende Bewegung von Weſten nach Oſten zu haben. Die beiden Knoten nach Hanſteen und der Berührungspunkt nach Morlet in dem Südmeere, liegen zwiſchen 108° und 126° w. L. Im J. 1819 fand Freycinet, daß dieſer Knoten in der Nähe des 132° der Länge lag, und nach Sabine lag der Knoten des Feſtlandes i. J. 1780 ziemlich weit von den Küſten und iſt ſeitdem von Oſten nach Weſten bis in den atlantiſchen Ocean vorgerückt. Morlet hat bereits von dieſer vorrückenden Bewegung des Aequators geſprochen; er hat ferner ſehr wahrſcheinlich gemacht, daß von der Geſtalt und Stellung des magnetiſchen Aequators von einem Pol bis zum andern die Richtung abhängt, nach welcher in jedem Punkte der Erdoberfläche die jährlichen Veränderungen der Magnetnadel ſtattfinden. Er verſtand unter magnetiſcher Breite eines Punktes die Entfernung dieſes Punktes von dem magnetiſchen Aequator, gemeſſen auf dem magnetiſchen Meridiane, den er als einen größten Kreis betrachtete, und

fand, daß die Neigung der Nadel da abnimmt, wo die fortrückende Bewegung des Aequators eine Verminderung der magnetiſchen Breite bewirkt und im Gegentheil überall zunimmt, wo die magnetiſche Breite wächſt. Auf jeder Seite des Aequators nimmt die Neigung zu, je mehr man ſich von ihm entfernt, aber mit dem Unterſchiede, daß auf der ſüdlichen Halbkugel die Südſpitze, auf der nördlichen die Nordſpitze der Magnetnadel unter den Horizont ſinkt. Man hat unterſucht, zu welchen Reſultaten man kommen würde, wenn man ſich auf denjenigen Theil der Erdkugel beſchränkte, für welchen der magnetiſche Aequator beinahe kreisförmig iſt, welcher Theil Europa, den atlantiſchen Ocean und die Oſtküſte Amerikas umfaßt. Man fand, daß die Neigung beinahe gleich war auf den Parallelen, welche in gleicher Entfernung von dieſem Aequator abſtanden, und daß hiernach die größte Neigung an 2 entgegengeſetzten Punkten der Erde ſtattfinden würde, deren einer gegen Norden ungefähr unter 25° w. L. und 76° n. Br. läge, und der andere diametral gegenüber bei 205° w. L. und 76° ſ. Br. Dieſe Punkte wären die Pole des magnetiſchen Aequators, wenn derſelbe durchaus kreisförmig wäre. Dieſe Annahme wurde aber ſchon durch die Beobachtungen widerlegt, welche 1818 die Engländer in den nördlichen Meeren anſtellten. Sie kamen bis zu 63° der Länge auf dem Parallelkreiſe von 75° und fanden bedeutende Neigungen, die über 84° gingen, und weſtliche Abweichungen, welche bis 87° gingen. Hiernach läge der wahre magnetiſche Pol weſtlicher, als die erwähnten Annahmen ihn ſetzen. — Biot und Humboldt haben zu beweiſen geſucht, daß, wenn man in dem Mittelpunkte der Erde einen Magnet annähme, deſſen Pole ſehr nahe an dieſem Mittelpunkte lägen, man von der Wirkſamkeit dieſes Magnetes die Neigung der Magnetnadel ziemlich genau der Erfahrung entſprechend durch Rechnung ableiten könne. Auch Mayer hat eine ähnliche Behauptung aufgeſtellt. Dieſe Hypotheſe zweier magnetiſchen Mittelpunkte gibt für den magnetiſchen Aequator einen größten Kreis, welches mit den Beobachtungen nicht übereinſtimmt. Biot und Humboldt mußten daher noch einen beſondern magnetiſchen Mittelpunkt annehmen, deſſen Wirkung mit denen der beiden andern ſich verbände. Doch würde zur völligen Erklärung der verſchiedenen Beugungen des magnetiſchen Aequators die Annahme noch mehrer magnetiſchen Mittelpunkte nöthig ſein.

Die Seefahrer haben auch die Linien ohne Abweichung zu beſtimmen geſucht. Sie erkannten, daß dieſelben ſchiefe Richtungen gegen die magnetiſchen Meridiane verfolgten und ſehr unregelmäßige Biegungen zeigten. Neuere Beobachtungen zeigten, daß eine Linie ohne Abweichung in dem atlantiſchen Ocean zwiſchen der alten und neuen Welt liege, welche den Meridian von Paris bei einer ſüdlichen Breite von ungefähr 65° ſchnitte, daß ſie von da nach Nordweſt bis zum 35° der Länge ſtiege, worauf ſie faſt nordſüdlich würde und längs den Küſten von Braſilien hingehe. Dieſe Linie iſt ſeit ungefähr anderthalb Jahrhunderten bedeutend von Oſten nach Weſten fortgerückt; dieſe Fortrückung aber iſt nicht gleichmäßig geſchehen. Es gibt noch eine zweite Linie ohne Abweichung, welche jener erſten entgegengeſetzt iſt, und die ſich in der Nähe

ſer Curven entſpricht ungefähr 25° weſtlicher Länge und beträgt in der Charte von Hanſteen 13° bis 14°. Man findet einen Knoten in Afrika unter 22° ö. L., welchen Morlet 4° weiter nach Weſten legt. Geht man von dieſem Knoten aus, indem man nach der Küſte des indiſchen Meeres vorrückt, ſo entfernt ſich die Linie ohne Neigung ſchnell gegen Norden vom Aequator, tritt ein wenig ſüdlich vom Cap Guardafui aus Afrika und erreicht im arabiſchen Meerbuſen ſeine größte nördliche Abſchweifung (ungefähr 12°) unter 62° ö. L. Zwiſchen dieſem Meridian und dem 174° der Länge liegt der magnetiſche Aequator fortwährend auf der nördlichen Halbkugel. Die Linie ſchneidet die indiſche Halbinſel ein wenig nördlich vom Cap Comorin, geht durch den bengaliſchen Meerbuſen, indem ſie ſich dem Erdäquator nähert, von dem ſie am Eingange des Meerbuſens vom Siam nur 8° entfernt iſt, ſteigt hierauf gegen Norden, berührt faſt die Nordſpitze von Borneo, geht über die Inſel Palawan, den Ort, welcher die ſüdlichſte Inſel der Philippinen von der Inſel Maghindano trennt, und befindet ſich unter dem Meridian von Waigiou aufs Neue bei 9° n. B. Von da geht der magnetiſche Aequator durch die Carolinen, ſenkt ſich dann ſchnell gegen den Erdäquator und durchſchneidet ihn nach Morlet unter 174°, nach Hanſteen unter 187° ö. L. Bei weitem weniger Ungewißheit herrſcht über die Lage eines zweiten Knoten, der ebenfalls im ſtillen Meere liegt, uud deſſen weſtliche Länge ungefähr 120° ſein ſoll. Aber während Morlet annimmt, daß der magnetiſche Aequator den Erdäquator nur berührt und ſich dann ſogleich gegen Süden wendet, geht nach Hanſteen die Linie ohne Neigung auf die nördliche Halbkugel über, und nach einer Ausdehnung von ungefähr 15° L. ſchneidet ſie hernach aufs Neue den Gleicher bei 23° Abſtand von der Weſtküſte Amerikas. Uebrigens entfernt ſich der magnetiſche Aequator nach Hanſteen von dem Erdäquator nicht weiter als anderthalb Grad, und überhaupt iſt dieſe Linie, von der, welche Morlet angibt, in der Richtung der Breiten-Grade nirgends 2 Grad entfernt.

Der magnetiſche Aequator ſcheint nach den directen Beobachtungen der Knoten eine jährlich fortrückende Bewegung von Weſten nach Oſten zu haben. Die beiden Knoten nach Hanſteen und der Berührungspunkt nach Morlet in dem Südmeere, liegen zwiſchen 108° und 126° w. L. Im J. 1819 fand Freycinet, daß dieſer Knoten in der Nähe des 132° der Länge lag, und nach Sabine lag der Knoten des Feſtlandes i. J. 1780 ziemlich weit von den Küſten und iſt ſeitdem von Oſten nach Weſten bis in den atlantiſchen Ocean vorgerückt. Morlet hat bereits von dieſer vorrückenden Bewegung des Aequators geſprochen; er hat ferner ſehr wahrſcheinlich gemacht, daß von der Geſtalt und Stellung des magnetiſchen Aequators von einem Pol bis zum andern die Richtung abhängt, nach welcher in jedem Punkte der Erdoberfläche die jährlichen Veränderungen der Magnetnadel ſtattfinden. Er verſtand unter magnetiſcher Breite eines Punktes die Entfernung dieſes Punktes von dem magnetiſchen Aequator, gemeſſen auf dem magnetiſchen Meridiane, den er als einen größten Kreis betrachtete, und

fand, daß die Neigung der Nadel da abnimmt, wo die fortrückende Bewegung des Aequators eine Verminderung der magnetiſchen Breite bewirkt und im Gegentheil überall zunimmt, wo die magnetiſche Breite wächſt. Auf jeder Seite des Aequators nimmt die Neigung zu, je mehr man ſich von ihm entfernt, aber mit dem Unterſchiede, daß auf der ſüdlichen Halbkugel die Südſpitze, auf der nördlichen die Nordſpitze der Magnetnadel unter den Horizont ſinkt. Man hat unterſucht, zu welchen Reſultaten man kommen würde, wenn man ſich auf denjenigen Theil der Erdkugel beſchränkte, für welchen der magnetiſche Aequator beinahe kreisförmig iſt, welcher Theil Europa, den atlantiſchen Ocean und die Oſtküſte Amerikas umfaßt. Man fand, daß die Neigung beinahe gleich war auf den Parallelen, welche in gleicher Entfernung von dieſem Aequator abſtanden, und daß hiernach die größte Neigung an 2 entgegengeſetzten Punkten der Erde ſtattfinden würde, deren einer gegen Norden ungefähr unter 25° w. L. und 76° n. Br. läge, und der andere diametral gegenüber bei 205° w. L. und 76° ſ. Br. Dieſe Punkte wären die Pole des magnetiſchen Aequators, wenn derſelbe durchaus kreisförmig wäre. Dieſe Annahme wurde aber ſchon durch die Beobachtungen widerlegt, welche 1818 die Engländer in den nördlichen Meeren anſtellten. Sie kamen bis zu 63° der Länge auf dem Parallelkreiſe von 75° und fanden bedeutende Neigungen, die über 84° gingen, und weſtliche Abweichungen, welche bis 87° gingen. Hiernach läge der wahre magnetiſche Pol weſtlicher, als die erwähnten Annahmen ihn ſetzen. — Biot und Humboldt haben zu beweiſen geſucht, daß, wenn man in dem Mittelpunkte der Erde einen Magnet annähme, deſſen Pole ſehr nahe an dieſem Mittelpunkte lägen, man von der Wirkſamkeit dieſes Magnetes die Neigung der Magnetnadel ziemlich genau der Erfahrung entſprechend durch Rechnung ableiten könne. Auch Mayer hat eine ähnliche Behauptung aufgeſtellt. Dieſe Hypotheſe zweier magnetiſchen Mittelpunkte gibt für den magnetiſchen Aequator einen größten Kreis, welches mit den Beobachtungen nicht übereinſtimmt. Biot und Humboldt mußten daher noch einen beſondern magnetiſchen Mittelpunkt annehmen, deſſen Wirkung mit denen der beiden andern ſich verbände. Doch würde zur völligen Erklärung der verſchiedenen Beugungen des magnetiſchen Aequators die Annahme noch mehrer magnetiſchen Mittelpunkte nöthig ſein.

Die Seefahrer haben auch die Linien ohne Abweichung zu beſtimmen geſucht. Sie erkannten, daß dieſelben ſchiefe Richtungen gegen die magnetiſchen Meridiane verfolgten und ſehr unregelmäßige Biegungen zeigten. Neuere Beobachtungen zeigten, daß eine Linie ohne Abweichung in dem atlantiſchen Ocean zwiſchen der alten und neuen Welt liege, welche den Meridian von Paris bei einer ſüdlichen Breite von ungefähr 65° ſchnitte, daß ſie von da nach Nordweſt bis zum 35° der Länge ſtiege, worauf ſie faſt nordſüdlich würde und längs den Küſten von Braſilien hingehe. Dieſe Linie iſt ſeit ungefähr anderthalb Jahrhunderten bedeutend von Oſten nach Weſten fortgerückt; dieſe Fortrückung aber iſt nicht gleichmäßig geſchehen. Es gibt noch eine zweite Linie ohne Abweichung, welche jener erſten entgegengeſetzt iſt, und die ſich in der Nähe

des großen Archipel theilt; der neue Arm richtet ſich von Süden nach Norden und geht wieder in den öſtlichen Theil Sibiriens. Dieſe beiden Zweige verändern ihre Lage entweder gar nicht, oder bewegen ſich langſam. Denn die Abweichung bei Neuholland ſcheint ſeit ungefähr 150 Jahren ſich nicht bedeutend geändert zu haben. Cook hat auch eine vierte Linie ohne Abweichung in der Nähe der größten magnetiſchen Beugung beobachtet, aber ſie iſt nicht weiter verfolgt worden, ſo daß man ihren Lauf nicht kennt. Die Seefahrer haben auch die Reihe von Punkten zu beſtimmen geſucht, wo die Abweichung am größten war. Cook fand eine derartige Linie in der ſüdlichen Hemiſphäre bei 60° 49′ Br. und 93° 45′ w. L., vom Meridian von Paris aus gerechnet. Auf der andern Halbkugel hat man Abweichungen gefunden, welche beinahe bis 90° gingen. In den Gegenden, wo die Neigung bedeutend iſt, muß die horizontale richtende Kraft ſehr ſchwach ſein; auch üben die Eiſenmaſſen, welche ſich auf den Schiffen finden, oder die Nähe von Eiſenminen einen bedeutenden Einfluß auf die Magnetnadel aus. Dieſem Umſtande hat man die außerordentlichen Ablenkungen zugeſchrieben, welche man in der Nähe der Pole gefunden hat.

Man machte in London die Bemerkung, daß die Neigung ähnliche, aber geringere tägliche Variationen erfahre, als die Abweichung. Nach den Beobachtungen, welche auf dem Cap der guten Hoffnung ſeit 1751 bis 1792 gemacht wurden, ergibt ſich eine fortſchreitende Zunahme von 5° in der Neigung.

Die erſten genauen Beobachtungen über die Intenſität der magnetiſchen Kräfte der Erde verdanken wir Humboldt und Roſſel. Dieſe machten die Entdeckung, daß die magnetiſche Intenſität von dem magnetiſchen Aequator nach den Polen hin zunimmt. Einzelne wichtige Beobachtungen ſind auch von Freycinet und mehren engliſchen Seefahrern nach den Polargegenden geſammelt werden. Humboldt bemühte ſich bei ſeinen magnetiſchen Beobachtungen beſonders das Geſetz zu beſtimmen, nach welchem in den verſchiedenen Breiten die Intenſität der magnetiſchen Kräfte variirt. Derſelbe fand, daß dieſelbe Deklinationsnadel, welche zu Paris 245 Oscillationen in 10 Minuten gegeben hatte, zu Cumana (10° 28′ n. Br.) nur noch 229, zu San Carlos del Rio negro (1° 53′ n. Br.) 216, und unter dem magnetiſchen Aequator 211 Oscillationen machte. Dieſe Beobachtung unter dem Aequator wurde im Septbr. 1802 gemacht, und einen Monat ſpäter ſah er die Intenſität in der ſüdlichen Hemiſphäre wieder zunehmen, ſo wie er ſich von dem magnetiſchen Aequator entfernte. Humboldt zeigte ferner, wie die magnetiſchen Kräfte nach Zonen regelmäßig variiren.

Die große magnetiſche Intenſität, welche zu Neu-Carthagena in der Havanna und zu Mexico beobachtet wurde, beweiſt, daß die Verringerung der Beobachtungen unter dem magnetiſchen Aequator nicht einer Schwächung in dem Magnetismus der Bouſſole zugeſchrieben werden kann; überdieß hat ſich Humboldt auf eine indirecte Weiſe überzeugt, daß ſich der Magnetismus der Nadel nicht verändert hatte. Er ließ die Nadel im magnetiſchen Meridian und in der dagegen ſenkrechten

Ebene oscilliren und fand, daß die aus dieſen beiden Beobachtungen durch Rechnung abgeleitete Neigung der durch directe Beobachtung gefundenen gleich war. Aus der Vergleichung der Größe der Intenſität, die zu Neu-Carthagena (unter 10° 25′ n. Br.) im April 1800 durch 240 Oscillationen ausgedrückt wurde, mit der Intenſität zu Madrid (unter 40° 15′ n. Br.), welche ſich durch 241 Oscillationen darſtellte, leitete dieſer berühmte Reiſende ab, daß die iſodynamiſchen*) Linien und die Linien gleicher Neigung nicht parallel ſind. Zu Madrid war 1798 im Octbr. die Neigung 77° 62′ und zu Neu-Carthagena bald darauf 39° 35′. Die angeführten Thatſachen ſind durch zahlreiche Beobachtungen engliſcher Expeditionen in die Polargegenden und franzöſiſcher Seefahrer auf Reiſen um die Welt beſtätigt worden. Unter 7° ſ. Br. und 81° w. L. vom Pariſer Meridian hat Humboldt den Knoten (Durchſchnittspunkt) der Linie ohne Neigung mit der iſodynamiſchen von geringſter Kraft entdeckt. Die letztere Curve hat derſelbe nachher weſtlich von den Cordilleras des Andes bis zu 10° ſ. Br. verfolgt.

Seit 1722, wo man die täglichen Variationen der Magnetnadel entdeckt hat, ſind zahlreiche Unterſuchungen über die Urſache dieſer Erſcheinung gemacht worden. Es wurde bereits geſagt, daß in Europa das nördliche Ende alle Tage von Oſten nach Weſten ſich bewegt, vom Aufgange der Sonne bis gegen eine Stunde nach Mittag, und darauf nach Oſten zurückkehrt, und daß die Ausdehnung dieſer täglichen Variationen im Sommer größer, als im Winter iſt. Es fragt ſich, ob die geographiſche Lage des Beobachtungsortes von Einfluß auf dieſes Phänomen iſt, und ob es unter dem Erdäquator bemerklicher, als in unſern Climaten iſt, wie man behauptet hat. Hierüber und über die Reſultate, welche ſich auf die täglichen Abweichungen der Magnetnadel beziehen, hat Arago Unterſuchungen angeſtellt. — Becquerel führt nach Arago an, was wir über die Beziehungen wiſſen, in welchen die Urſachen der Nordlichter und die des Magnetismus ſtehen. Die Erſcheinung eines Nordlichtes bewirkt eine Abweichung der Magnetnadel um mehre Grade von Oſt nach Weſt. In der Gegend, wo es ſich zeigt, ſieht man feurige Strahlen von verſchiedener Farbe von allen Punkten des Horizontes aufſpringen. Der Punkt des Himmels, wo alle Strahlen ſich vereinigen, iſt genau derjenige, gegen welchen eine Magnetnadel, die in ihrem Schwerpunkte aufgehängt iſt, ſich richtet. Arago hat ferner entdeckt, daß die concentriſchen Kreiſe, welche ſich faſt immer vor den Lichtſtrahlen zeigen, auf zwei Theilen des Horizonts ruhen, welche gleichweit entfernt vom magnetiſchen Meridian ſind, und daß die höchſten Punkte dieſer Bögen genau in dieſem Meridiane liegen. Dieſe beiden merkwürdigen Thatſachen beweiſen alſo, daß die Urſachen des Nordlichtes und die der Magnetnadel in Beziehung ſtehen. Durch Beobachtungen, die an verſchiedenen, hinlänglich entfernten

---

*) Linien gleicher Intenſität.

Orten gemacht worden, iſt bewieſen, daß das Nordlicht wirkt, ehe es ſich am Horizont zeigt, und daß es ſeinen Einfluß auf bedeutende Entfernungen ausübt. — Die täglichen Variationen ſind nicht von einem Tage zum andern dieſelben. Arago hat auch alle Beobachtungen unterſucht, welche ſich auf die jährlichen Variationen der Magnetnadel und auf ihre rückgängige Bewegung beziehen. Die älteſten Beobachtungen beweiſen, daß die Neigung in Europa ſich verändert hat, und zwar in Folge einer in demſelben Sinne gerichteten Bewegung. Zu Paris war 1580 die Abweichung der Nadel 11° 30′ öſtlich; 1664 war ſie = 0; ſeitdem iſt ſie weſtlich geworden und i. J. 1817 betrug ſie 22° 20′. Nach der Verzögerung, welche man ſeit einigen Jahren in ihrer Bewegung gegen Weſten wahrgenommen hat, vermuthet man, daß ſeitdem eine rückgängige Bewegung gegen Oſten eingetreten ſei.*)

Caſſini hat entdeckt, daß die Magnetnadel auch jährlichen Oscillationen unterworfen iſt, welche mit der Stellung der Sonne in Bezug auf Aequinoctien und Solſtitien in Verbindung zu ſtehen ſcheinen. „Vom Januar bis zum April entfernt ſich die Nadel vom Nordpol, ſo daß die weſtliche Abweichung zunimmt. Vom April bis Anfang Juli vermindert ſich die Abweichung. Nach dem Sommer-Solſtitium und bis zum Aequinoctium des nächſten Frühlings geht die Nadel weſtlich, ſo daß ſie im October beinahe dieſelbe Richtung, wie im Mai hat. Zwiſchen October und März iſt die weſtliche Bewegung geringer als in den 3 vorhergehenden Monaten. Während der 3 Monate zwiſchen der Frühlingsnachtgleiche und dem Sommer-Solſtitium iſt alſo die Nadel gegen Oſten zurückgegangen, und während der 9 folgenden Monate rückt ſie im Gegentheil gegen Weſten vor.“ Arago hat die mittlere Abweichung jedes Tages geſucht, welche durch die halbe Summe der größten und kleinſten Abweichung gegeben iſt, ſo wie die mittlere Abweichung jedes Monates, welche durch die Summe der täglichen Mittel des Monates, dividirt durch die Anzahl der Tage, gegeben iſt. Indem er dieß für Paris von 1784 — 1788 und für London von 1793 — 1805 ausführte, hat ſich gezeigt, daß ein Maximum der Abweichung um die Frühlingsnachtgleiche und ein Minimum um das Sommer-Solſtitium

---

*) Folgendes Verzeichniß der Abweichungen, wie ſie in Paris beobachtet worden, gibt eine Vorſtellung von dem Vorſchreiten der Abweichung. Die Abweichung war öſtlich, 1580 = 11° 30′; 1618 = 8°; 1663 = 0°; hierauf war ſie weſtlich 1678 = 1° 30′; 1700 = 8° 10′; 1767 = 19° 16′; 1780 = 19° 55′; 1785 = 22° 00′; 1805 = 22° 5′; 1813 = 22° 28′; 1814 = 22° 34′; 1816 den 12. Octbr. um 3 Uhr Nachmittag = 22° 25′; 1817 den 10. Febr. um 1 Uhr Nachmittag = 22° 19′; 1818 den 15. Octbr. um 2 Uhr Nachmittag = 22° 22′; 1819 den 22. April um 2 Uhr Nachmittag = 22° 29′; 1820 = 22° 29′; 1821 = 22° 29′; 1822 den 9. Oct. Mittag = 22° 11′; 1823 den 21. Nov. = 22° 23′; 1824 den 13. Junius um 1 Uhr Nachmittag = 22° 23′; 1825 den 18. Aug. Mittag = 22° 22′; 1826 = 22° 22′; 1827 = 22° 20′; 1828 = 22° 6′; 1829 = 22° 12′.

ſtatt findet, aber mit dieſem Unterſchiede, daß die Weite der Oscillationen zu London geringer als zu Paris war. Arago fand auch, daß die jährliche Veränderung der Abweichung 1786 9′, 1800 aber kaum 1′ betrug. Hiernach, ſagte er, iſt es bemerkenswerth, daß die rückgängige Bewegung der Nadel von der Frühlingsnachtgleiche bis zum Sommer-Solſtitium zu gleicher Zeit mit der allgemeinen und jährlichen Bewegung gegen Weſten geſchwächt worden iſt. Arago theilt eine Tabelle der mittleren Abweichungen zu Salem in den Vereinigten Staaten von 1810 mit; hier iſt die Abweichung weſtlich und nimmt ſeit einer langen Reihe von Jahren ungefähr um 2 Minuten jährlich ab. In dieſen Reſultaten läßt ſich keine Spur der von Caſſini angegebenen Periode auffinden, indem zwiſchen der Frühlingsnachtgleiche und dem Sommer-Solſtitium keine Verminderung der Abweichung ſtatt findet; dagegen ſcheint eine ſolche zwiſchen Septbr. und Decbr. einzutreten. Dieß angenommen laſſen ſich nach Arago folgende Regeln für die jährlichen Oscillationen aufſtellen: 1) Wenn die Nadel bei weſtlicher Abweichung vom Meridian ſich entfernt, ſo erfährt ſie eine rückgängige Bewegung, welche ſie dieſer Ebene nähert. 2) Dieſe rückgängige Oscillation iſt deſto größer, je größer die jährliche Aenderung der Abweichung iſt. 3) Die Oscillation verſchwindet und alle Monate geben ziemlich dieſelbe mittlere Abweichung, ſobald die Nadel zur Grenze ihrer weſtlichen Ablenkung gekommen und die jährliche Aenderung der Abweichung 0 iſt. 4) Sobald endlich die weſtliche Abweichung von Jahr zu Jahr abnimmt, beobachtet man keine bedeutenden Oscillationen der Nadel gegen Oſten mehr, außer zwiſchen den Monaten September und December. — In den Jahren 1794 — 1796 hat John Magdonald zu Sumatra und auf St. Helena zwei Reihen von Beobachtungen über die täglichen Variationen der Nadel angeſtellt. Spätere Unterſuchungen in Bezug auf dieſen Gegenſtand hat Freycinet 1817 — 1820 angeſtellt. Nach Magdonald ſind die täglichen Variationen der Magnetnadel in den Tropengegenden merklich geringer als in Europa, und in denſelben Stunden, in welchen bei uns das Nordende der Nadel gegen Weſten geht, geht daſſelbe in den angeführten Gegenden unter dem Aequator nach Oſten. Aehnliche Reſultate erhielt Freycinet aus Beobachtungen auf Isle de France, zu Timor, Rawac, Guham, Mowi, Port Jackſon u. a. a. O. Auf den Marianen und Sandwich-Inſeln, die auf der nördlichen Halbkugel liegen, geht der Nordpol der Nadel, wie in Europa von 8 Uhr Morgens bis 1 Uhr Nachmittags gegen Weſten, obgleich die Abweichung hier öſtlich iſt. Auf den Stationen von Timor, Rawac und Port Jackſon ſüdlich vom Aequator, geht der Nordpol der Nadel während des ganzen Morgens im entgegengeſetzten Sinne fort. Hiernach ſtimmen die Beobachtungen, welche nördlich von dem Aequator gemacht worden, mit denen in Europa überein, während die von der ſüdlichen Halbkugel eine diametral entgegengeſetzte Bewegung nachweiſen. Wegen dieſes Gegenſatzes der Variationen auf der ſüdlichen und nördlichen Halbkugel ſollte man vermuthen, daß die Variation unter dem Aequator ſelbſt = 0 ſein müſſe; aber aus den Beobachtungen von Freycinet ſchließt Arago, daß nicht der Erd-

äquator, ſondern vielmehr der magnetiſche Aequator die Zone der weſtlichen Variationen von der Zone der entgegengeſetzten Variationen ſcheidet. — Vom 15. März 1805 — zum 1. Mai 1806 haben Gay-Luſſac und Humboldt eine große Anzahl von Beobachtungen über die Magnetnadel in Frankreich, der Schweiz, Italien und Deutſchland gemacht. Dieſelben glaubten bewieſen zu haben, daß die magnetiſche Intenſität bei Tage und bei Nacht nicht merklich variirt, und daß ſie durch die hohe Kette der Alpen nicht modificirt wird; über 15 Jahre nachher ſuchte Hanſteen zu beweiſen, daß die magnetiſche Intenſität, wie die Abweichung täglichen und jährlichen Variationen unterworfen iſt, und daß die Neigung ähnliche Variationen zeige. Ueberdieß zeigte derſelbe, daß kein Körper in unſern Climaten exiſtire, welcher nicht in ſenkrechter Stellung an ſeinen Enden magnetiſche Pole beſitze (ſ. d. Art. Magnet S. 563.). Die Variationen der Intenſität nehmen nach Hanſteen folgenden Verlauf: Sie ſind im Allgemeinen des Morgens im Abnehmen bis gegen 11 Uhr; ſie nehmen bis gegen 4 Uhr Abends im Winter, bis 6 oder 8 Uhr im Sommer zu. Ihr abſolutes Minimum iſt im Winter und ihr Maximum im Sommer. — Die magnetiſche Thätigkeit des Erdkreiſes erſtreckt ſich, wie Gay-Luſſac und Biot auf ihrer Luftreiſe dargethan, auch in den Raum. Sie fanden, daß dieſelbe nur ſehr langſam mit der Entfernung von der Erde abnahm. Wahrſcheinlich iſt die Abnahme im umgekehrten Quadrat der Entfernung, wie die magnetiſchen Anziehungen. Wenn, wie wahrſcheinlich iſt, die Geſtirne, der Mond und die Sonne u. ſ. w. ebenfalls magnetiſche Kraft beſitzen, ſo werden ſie ihre Wirkung je nach ihrer Stellung und Entfernung gegen uns auf die Magnetnadel äußern. Aus der Bewegung der Erde und der Planeten, namentlich des Mondes werden ſich folglich die täglichen und jährlichen Variationen müſſen ableiten laſſen.

II. Periode von 1820 bis in die neuſte Zeit.

Schon vor 1820 war man darauf ausgegangen, mit Genauigkeit die wirkliche Intenſität des Erdmagnetismus an einem beſtimmten Orte feſtzuſetzen, um ſpäterhin unterſuchen zu können, ob die magnetiſchen Kräfte auf ähnliche Weiſe in Betreff der Intenſität wie in Betreff der Richtung variiren. Biot ſchlug vor, die Abweichung, Neigung und Intenſität mit 3 Nadeln zu beobachten, welche man nachher ſorgfältig aufhebe, um von Jahrhundert zu Jahrhundert die Verſuche zu wiederholen. Da ſie während dieſer Zeit einen Theil ihres Magnetismus verlieren könnten, ſo könnte man ihnen dieſen wiedergeben, wenn man ſie nach der Methode des Doppelſtriches aufs Neue magnetiſirte. Bei der Unmöglichkeit, völlig identiſche Nadeln zu conſtruiren, welche beſtändig dieſelbe Quantität Magnetismus annehmen, hat Poiſſon ein Verfahren vorgeſchlagen, welches, um zu jener Beſtimmung zu kommen, keine genau identiſchen Magnetnadeln erfordert. Zuerſt hat derſelbe gezeigt, daß es eine gewiſſe Function von 7 Größen gäbe, deren Werth nicht von den angewendeten Nadeln abhänge, ſondern allein von dem Erdmagnetismus. Dieſer Werth kann freilich nur annäherungsweiſe erhal-

ten werden; da man ihn aber bis zu jedem beliebigen Grade der Annäherung berechnen kann, ſo kann man die Fehler des Verſuches nach Belieben verringern. Um jene 7 Größen zu erhalten, ſchlägt Poiſſon vor, 2 Nadeln von Stahl, die bis zur Sättigung magnetiſirt und in ihrem Schwerpunkte frei aufgehängt ſind, von einander getrennt oscilliren zu laſſen, und bei jeder die Zeit ihrer Oscillationen zu beſtimmen. Hierauf die Schwerpunkte der beiden Nadeln in dieſelbe gerade, der richtenden Kraft der Erde parallelen Linie zu bringen (ſie werden ſich ſodann in die Richtung jener Linie ſtellen); nachher jede dieſer Nadeln, eine nach der andern, oscilliren zu laſſen, unter dem vereinigten Einfluſſe der Erde und der ruhenden Magnetnadel, wobei gleichmäßig bei jeder die Dauer dieſer neuen Oscillationen beſtimmt wird; endlich den Abſtand der Schwerpunkte dieſer beiden Nadeln und ihre Trägheitsmomente, bezogen auf ihre Drehungsaxe, welche durch jene Punkte geht, zu meſſen. Die durch alle dieſe Beobachtungen erhaltenen Reſultate werden hinreichen, den Werth der Function zu einem beſtimmten Zeitpunkte zu beſtimmen. Bei dieſer Methode iſt nur nöthig, daß die Magnetiſirung der Nadel während der Schwingungsverſuche ſich nicht ändere; eine Bedingung, die man erfüllen wird, indem man Nadeln nimmt, deren Coercitivkraft nicht bedeutend iſt. — Ein directeres Verfahren, als das angeführte, hat Arago dem Längenbüreau vorgeſchlagen, durch welches man den Magnetnadeln denſelben Grad des Magnetismus ertheilen kann. Dieſes Verfahren gründet ſich auf die Eigenthümlichkeit einer Magnetnadel, welche unter einer Metallplatte angebracht iſt, die in drehende Bewegung geſetzt wird, welcher Eigenthümlichkeit gemäß, ſie mit um ſo größerer Gewalt fortgezogen wird, je größer ihr Magnetismus iſt. Man befreit ſich von dem Einfluſſe des Erdmagnetismus, wenn man den Verſuch in einer Ebene anſtellt, welche auf die Richtung der Magnetnadel ſenkrecht iſt. Belaſtet man jetzt die Enden der Nadel mit kleinen Gegengewichten, damit ſie durch die mit einer beſtimmten Geſchwindigkeit ſich drehende Platte um eine gewiſſe Anzahl von Graden abgelenkt wird, ſo werden dieſe Gegengewichte das Maß der magnetiſchen Intenſität der Erde geben. Wiederholt man dieſen Verſuch von einem Jahrhundert zum andern mit derſelben Platte oder mit einer Platte von derſelben Beſchaffenheit und denſelben Dimenſionen, ſo wird man in den Stand geſetzt ſein, die Veränderungen der magnetiſchen Intenſität der Erde zu beſtimmen.

Man hat in dieſer Periode fortgefahren, größere Präciſion in die auf den Erdmagnetismus ſich beziehenden Verſuche zu bringen; die Beobachtungen über Abweichung und Neigung der Magnetnadel ſind mit Umkehrung der Magnetnadel angeſtellt worden, und man hat auf die Veränderungen der Temperatur während jedes Verſuches Rückſicht genommen. Aus den ſorgfältig geprüften Beobachtungen hat man wichtige allgemeine Folgerungen gezogen. Arago hat einen Bericht über die Entdeckungsreiſe der Corvette la Coquille unter dem Befehl des Capitän Duperrey 1822 — 25 abgeſtattet, in welchem intereſſante Bemerkungen über die wahrſcheinliche Veränderung der Lage des magnetiſchen Aequators vorkommen.

Jene Corvette hat den magnetiſchen Aequator ſechsmal durchſchnitten, und man hat die Lage zweier ſeiner Punkte genau beſtimmen können. Dieſelben liegen in dem atlantiſchen Ocean. Die Breiten der Punkte des magnetiſchen Aequators auf der Morletſchen Charte, welche derſelben Länge entſprechen, ſind um 1° 43′ und 1° 50′ größer. Arago hat hieraus geſchloſſen, daß der magnetiſche Aequator dem Erdäquator um gleiche Größen ſich genähert habe. Dieſelben Differenzen zeigt auch die Hanſteenſche Charte. Im Südmeere nahe an der amerikaniſchen Küſte hat Duperrey zwei Punkte des magnetiſchen Aequators beſtimmt, deren Breiten auf den Charten von Hanſteen und Morlet um ungefähr einen Grad kleiner ſind, die Differenz iſt aber im entgegengeſetzten Sinne von derjenigen, welche im atlantiſchen Ocean gefunden wurde. Der magnetiſche Aequator ſcheint ſich alſo in der Nähe der Küſten von Peru vom Erdäquator entfernt zu haben. Duperrey hat für die beiden im nördlichen Theile liegenden Punkte, welche er direct beſtimmt hat, Breiten gefunden, welche größer als auf den Charten des Aequators von 1780 ſind. Hiernach ſcheint ſich die Linie ohne Neigung in der Gegend der Carolinen und der mulgraviſchen Inſeln vom Aequator zu entfernen. Arago glaubt, daß man, um ähnliche Variationen zu erklären, annehmen könne, daß der magnetiſche Aequator einer Bewegung von Oſten nach Weſten unterworfen iſt, die ihm allmählig und im Ganzen von Jahr zu Jahr eine andere Lage gibt. Seit 1780 kann man die rückgängige Bewegung der Knoten nicht unter 10° ſchätzen, um die beobachteten Veränderungen in den Breiten erklären zu können. Derſelbe hat die Geſchwindigkeit dieſer Veränderung der Lage zu beweiſen geſucht, indem er die von Morlet und Hanſteen erhaltenen Reſultate mit den von Duperrey und Freycinet geſammelten directen Beobachtungen verglich. — Zu ſeiner ſchon erwähnten Abhandlung über die Nordlichter hat Arago eine Ergänzung gegeben. Er hat bemerkt, daß die Nordlichter, welche nur in Amerika, zu Petersburg und in Sibirien ſichtbar ſind, ungeachtet der großen Entfernung von dieſen Gegenden die Nadel zu Paris bedeutend ſtören. Arago glaubte, daß auch die Nordlichter der ſüdlichen Himmelsſphäre die Magnetnadel zu Paris afficirten, indem ein in der Nähe des Südpols beobachtetes Licht mit einer Störung der Magnetnadel zu Paris zuſammen traf. Doch hat ſich ſeitdem gezeigt, daß zu derſelben Zeit, in welcher jenes Polarlicht am Südpol auftrat, auch am Nordpol ein Nordlicht ſichtbar war.*) — Kupffer hat intereſſante Unterſuchungen über die Variationen in der mittlern Dauer der horizontalen Oscillationen der Magnetnadel angeſtellt, und über mehre den Erdmagnetismus betreffende Fragen. Die Beobachtungen wurden täglich zweimal um 8 Uhr Morgens und um 6 Uhr Abends angeſtellt mit einer Nadel, welche ſo aufgeſtellt war, daß ſie immer dieſelben Ablenkungen hatte. Er hat alle

*) Es drängt ſich aber die Frage auf, ob wohl jedes Polarlicht des Südpoles von einem entſprechenden Nordlichte am Nordpole begleitet ſei, welches der polariſche Gegenſatz wahrſcheinlich macht.

dieſe Beobachtungen, um ſie unter ſich vergleichbar zu machen, auf dieſelbe Temperatur bezogen, und hat ſo die mittlere Dauer einer horizontalen Oscillation der Magnetnadel zu Kaſan vom October 1825 bis zum November 1826 abgeleitet. Nach Kupffer iſt es wahrſcheinlich, daß die Dauer der Oscillationen gleichmäßig von Monat zu Monat zu- oder abnimmt; indem er die Mittel zwiſchen den Beobachtungen des Morgens und denen des Abends nahm, hat er geſchloſſen, daß die mittlere Dauer einer horizontalen Oscillation der Magnetnadel ihr Maximum gegen das Ende des Sommers im Monat September oder October erreicht, und ihr Minimum im Winter, etwa im Februar; daß die täglichen Variationen dieſer Dauer im Sommer größer ſind, als im Winter; und daß von einem Jahr zum andern dieſe Dauer zu Kaſan ſich faſt gar nicht geändert hat. Dieſe Beobachtungen ſtimmen ziemlich genau mit denen von Hanſteen überein, der auf die Temperatur keine Rückſicht genommen hat; indeß hat dieſer eine Vergrößerung der Dauer der Oscillationen von einem Jahr zum andern gefunden. Er hat unterſucht, ob den Variationen der mittlern Dauer einer Oscillation auch Variationen der Intenſität des Erdmagnetismus entſprechen. Verſchiedene Betrachtungen haben ihn zu der Annahme geführt, daß die erſtern an demſelben Orte einzig von den Variationen der Neigung abhängen, und daß diejenigen, welche ſich auf die Intenſität beziehen, hierauf wenig Einfluß haben. Hieraus folgt, ſetzt er hinzu, daß die magnetiſche Neigung zu Kaſan ihr Maximum im Sommer und ihr Minimum im Winter erreichen muß. Die größte Differenz derſelben beträgt ungefähr $2\frac{1}{2}$ Minuten, und ſie zeigen von einem Jahr zum andern beinahe keine Veränderung. — Nachdem Arago gefunden, daß der magnetiſche Aequator wahrſcheinlich eine fortrückende Bewegung von Oſten nach Weſten habe, iſt Morlet darauf ausgegangen, die Variationen zu entwickeln, welche an verſchiedenen Orten der Erde die Neigung der Magnetnadel erleidet. — Was die Abweichung betrifft, ſo haben wir keine ſo genauen Angaben über die allgemeinen Urſachen dieſer Variationen, obſchon wir ihren Gang kennen. Man weiß nur, daß es Linien gibt, wo die Abweichung 0 iſt. Die Lage dieſer Linien wurde in der zweiten Periode angegeben. Kupffer hat die Richtung einer ſolchen Linie im öſtlichen Rußland angegeben. Dieſe Linie erſtreckt ſich weſtlich von Kaſan. Die Punkte, welche weſtlich von ihr liegen, haben weſtliche Abweichung, während die nach Oſten gelegenen eine öſtliche Abweichung haben. Die Linie im Norden von Amerika bietet dieſelbe Erſcheinung dar, aber im umgekehrten Sinne. Es gibt noch eine Linie ohne Neigung, welche in der Gegend von Irkutzk in Sibirien ſich erſtreckt. Aber hier wird die Abweichung, wenn man gegen Oſten fortgeht, wieder weſtlich und ändert das Zeichen nicht. Kupffer berichtet auch nach den neueſten Beobachtungen von Angion und Wrangel, daß die ganze Nordoſtküſte von Sibirien eine öſtliche Abweichung habe, und daß die Abweichung auf demſelben Parallelkreiſe ſo regelmäßig von Oſten nach Weſten abnimmt, daß wahrſcheinlich der Punkt, wo die Abweichung 0 iſt, ungefähr unter dem Meridian von Irkutzk liege. Kupffer erinnert daran, daß die Linie ohne Abweichung, welche ſich jetzt in Amerika findet, einſt

durch Paris und London ging, und daß ſie eine ſehr bedeutende gegen Weſten fortſchreitende Bewegung habe. Hierzu fügt er die Bemerkung, daß die Linie ohne Abweichung in der Nähe von Kaſan dieſelbe Erſcheinung zeigt; er vergleicht die fortſchreitende Bewegung der Linien ohne Achweichung mit der Bewegung des magnetiſchen Aequators, welche in demſelben Sinne geſchieht, und vermuthet, daß zwiſchen dieſen beiden Phänomenen eine Verbindung ſtattfinde. Nach ihm regulirt die Linie ohne Abweichung nicht nur die Abweichungen der ihr benachbarten Punkte, ſondern auch die Größe der Variationen ihrer Neigung. Denn die Beobachtungen, welche er anführt, gehen darauf aus, zu beweiſen, daß die Variationen der Neigung der Magnetnadel zu Kaſan (an einem Orte, welcher der Linie ohne Abweichung ſehr nahe liegt) ſehr gering ſind, während ſie zu Chriſtiania, nach den Beobachtungen von Hanſteen, ziemlich bedeutend ſind. Dieß ſind jedoch nur Hypotheſen, als welche ſie Kupffer anerkennt. — Hanſteen gibt nicht zu, daß der magnetiſche Aequator und die Linien ohne Abweichung eine gegen Weſten fortſchreitende Bewegung hätten, vielmehr ſchreibt er ihnen eine Bewegung gegen Oſten zu. Kupffer betrachtet die Methode, deren er ſich zur Beſtimmung der Lage der magnetiſchen Pole bedient hat, nicht über jeden Einwurf erhaben, da man ſich zu dieſer Beſtimmung nur derjenigen Beobachtungen bedienen kann, welche ſehr nahe bei den Polen geſammelt worden, und wie ſie uns von den engliſchen Seefahrern, den erſten, welche eine Reiſe in jene Gegenden unternommen haben, überliefert worden. Kupffer glaubt, daß es eine zu große Anzahl von Beobachtungen gibt, welche andeuten, daß die magnetiſchen Thätigkeiten der Erde von Punkten in der Nähe des Mittelpunkts der Erde ausgehen, als daß man die magnetiſchen Pole in der Nähe der Erdpole annehmen könnte; es ſcheint ihm natürlicher, nach der Beobachtung von Arago anzunehmen, daß die ganze Maſſe der Erde magnetiſch iſt, und daß die Erde in dieſer Beziehung beinahe wie ein Sphäroid von weichem Eiſen wirkt, deſſen magnetiſche Thätigkeiten gleichmäßig vom Mittelpunkte auszugehen ſcheinen. Kupffer macht auf magnetiſche Erſcheinungen aufmerkſam, welche die größte Beachtung der Phyſiker verdienen. Es wurde ſchon von den plötzlichen unregelmäßigen Variationen geſprochen, welche an den entlegenſten Orten mit den Erſcheinungen der Nordlichter in Verbindung ſtehen. Als Kupffer die Nadel oscilliren ließ, während ſie ſich auf dieſe Weiſe aus ihrer gewöhnlichen Stellung entfernte, konnte er keine merkliche Differenz in der Dauer einer in dieſem Augenblicke und einer zu jeder andern Zeit vorgenommnen Oscillation wahrnehmen. Er nimmt indeß einige Fälle aus, wo die Ablenkung ſehr bedeutend war. Hierbei war aber merkwürdig, daß, als ſich die Nadel gegen Oſten entfernte, die Dauer einer Oscillation größer als gewöhnlich war, während ſie kleiner war, als ſich den 24. Novbr. 1825 die Nadel gegen Weſten entfernte. Von einer andern Seite ſcheinen die erwähnten Beobachtungen, weil die magnetiſche Neigung mit der Dauer der Oscillationen in Verhältniß ſteht, zu beweiſen, daß die Neigung abnimmt, wenn ſich die Nadel gegen Weſten entfernt, und zunimmt, wenn ſie gegen Oſt ſich bewegt. — Wir ha=

ben bereits geſehen, daß man genöthigt war, zur Erklärung der verſchiedenen Aeußerungen des Erdmagnetismus die magnetiſchen Pole zu vervielfältigen. Dieſer Uebelſtand hat die Nothwendigkeit fühlbar gemacht, mit der größten Sorgfalt alle Zahlenelemente zu beſtimmen, welche ſich in einer großen Anzahl von Punkten der Erdoberfläche auf die magnetiſche Kraft beziehen. Auf dieſe Weiſe werden den Geometern die Mittel an die Hand gegeben, uns von jener Vielheit und Verwirrung der magnetiſchen Pole zu befreien. Zu dieſem Zwecke hat Humboldt alle während 32 Jahren von ihm gemachten Beobachtungen zuſammengeſtellt, welche ſich auf die Neigung der Magnetnadel und auf die Abnahme der Intenſität der magnetiſchen Kräfte von den Polen bis zu dem magnetiſchen Aequator beziehen. Alle dieſe Beobachtungen ſind in 3 Gruppen getheilt; die erſte begreift alle Neigungen und Kräfte, von 1798 — 1803 in Spanien, auf den canariſchen Inſeln, im atlantiſchen Ocean, auf dem Aequinoctial-Meere, nördlich und ſüdlich vom Aequator beobachtet; die zweite enthält die 1805 und 1806 in Frankreich, Italien, in der Schweiz und in Deutſchland gemachten Beobachtungen; die dritte Gruppe umſchließt die Beobachtungen von 1826 — 1829 in Deutſchland, in Preußen, in dem europäiſchen Rußland, auf den Küſten des caspiſchen Meeres und in dem Norden Aſiens, zwiſchen dem Ural, dem Altai, der kirghiſiſchen Steppe und den Grenzen Chinas. Die Beobachtungen der erſten Gruppe liegen den Berechnungen zum Grunde, nach denen Biot, Hanſteen und Morlet die Lage des magnetiſchen Aequators zu verſchiedenen Zeiten beſtimmt haben, und der Entdeckung des Geſetzes, nach welchem die Intenſiät der magnetiſchen Kräfte vom Aequator nach den Polen und den verſchiedenen Breiten variirt. Alle Beobachtungen, welche ſich auf die Zunahme der Intenſität in den zwei magnetiſchen Hemiſphären vom Aequator nach den Polen zu beziehen, und die Nichtparallelität der iſodynamiſchen Linien mit den Linien von gleicher Neigung ſind in den letzten Jahren durch zahlreiche Beobachtungen beſtätigt worden, welche die engliſchen Expeditionen nach den Polargegenden, die von franzöſiſchen Seefahrern unternommenen Reiſen um die Welt, und die von Hanſteen und Erman im nördlichen Aſien gemachten Reiſen geliefert haben. Humboldt hatte den Knoten der Linie ohne Neigung mit der iſodynamiſchen Linie unter 7° ſ. Br. und 81° w. L. von Paris entdeckt; er hatte dieſe letztere weſtlich von den Andes in das Küſtenland von Peru gegen Kasma u. Huarmay bis zum 10° ſ. Br. verfolgt. Erman fand in Sibirien, daß die Linie der Intenſität = 1,60 ſich auch von Norden nach Süden richtet, mit einer leichten Neigung gegen Südoſt. Derſelbe ſah die iſodynamiſche Linie 1,60 die Linien von gleicher Neigung faſt rechtwinklig ſchneiden, darauf von N.N.W. gegen S.S.O. herabſteigen, bei Obdorsk nahe bei der Mündung des Oby bei Tomsk. — Humboldt glaubt, daß wahrſcheinlich die iſodynamiſche Linie und der peruvianiſche Knoten des magnetiſchen Aequators ſeit ſeiner Reiſe von Oſten nach Weſten fortgerückt ſeien. Er führt in dieſer Beziehung an, daß Erman auf der Rückreiſe von Kamtſchatka zu Rio-Janeiro unter 135°

durch Paris und London ging, und daß ſie eine ſehr bedeutende gegen Weſten fortſchreitende Bewegung habe. Hierzu fügt er die Bemerkung, daß die Linie ohne Abweichung in der Nähe von Kaſan dieſelbe Erſcheinung zeigt; er vergleicht die fortſchreitende Bewegung der Linien ohne Abweichung mit der Bewegung des magnetiſchen Aequators, welche in demſelben Sinne geſchieht, und vermuthet, daß zwiſchen dieſen beiden Phänomenen eine Verbindung ſtattfinde. Nach ihm regulirt die Linie ohne Abweichung nicht nur die Abweichungen der ihr benachbarten Punkte, ſondern auch die Größe der Variationen ihrer Neigung. Denn die Beobachtungen, welche er anführt, gehen darauf aus, zu beweiſen, daß die Variationen der Neigung der Magnetnadel zu Kaſan (an einem Orte, welcher der Linie ohne Abweichung ſehr nahe liegt) ſehr gering ſind, während ſie zu Chriſtiania, nach den Beobachtungen von Hanſteen, ziemlich bedeutend ſind. Dieß ſind jedoch nur Hypotheſen, als welche ſie Kupffer anerkennt. — Hanſteen gibt nicht zu, daß der magnetiſche Aequator und die Linien ohne Abweichung eine gegen Weſten fortſchreitende Bewegung hätten, vielmehr ſchreibt er ihnen eine Bewegung gegen Oſten zu. Kupffer betrachtet die Methode, deren er ſich zur Beſtimmung der Lage der magnetiſchen Pole bedient hat, nicht über jeden Einwurf erhaben, da man ſich zu dieſer Beſtimmung nur derjenigen Beobachtungen bedienen kann, welche ſehr nahe bei den Polen geſammelt worden, und wie ſie uns von den engliſchen Seefahrern, den erſten, welche eine Reiſe in jene Gegenden unternommen haben, überliefert worden. Kupffer glaubt, daß es eine zu große Anzahl von Beobachtungen gibt, welche andeuten, daß die magnetiſchen Thätigkeiten der Erde von Punkten in der Nähe des Mittelpunkts der Erde ausgehen, als daß man die magnetiſchen Pole in der Nähe der Erdpole annehmen könnte; es ſcheint ihm natürlicher, nach der Beobachtung von Arago anzunehmen, daß die ganze Maſſe der Erde magnetiſch iſt, und daß die Erde in dieſer Beziehung beinahe wie ein Sphäroid von weichem Eiſen wirkt, deſſen magnetiſche Thätigkeiten gleichmäßig vom Mittelpunkte auszugehen ſcheinen. Kupffer macht auf magnetiſche Erſcheinungen aufmerkſam, welche die größte Beachtung der Phyſiker verdienen. Es wurde ſchon von den plötzlichen unregelmäßigen Variationen geſprochen, welche an den entlegenſten Orten mit den Erſcheinungen der Nordlichter in Verbindung ſtehen. Als Kupffer die Nadel oscilliren ließ, während ſie ſich auf dieſe Weiſe aus ihrer gewöhnlichen Stellung entfernte, konnte er keine merkliche Differenz in der Dauer einer in dieſem Augenblicke und einer zu jeder andern Zeit vorgenommenen Oscillation wahrnehmen. Er nimmt indeß einige Fälle aus, wo die Ablenkung ſehr bedeutend war. Hierbei war aber merkwürdig, daß, als ſich die Nadel gegen Oſten entfernte, die Dauer einer Oscillation größer als gewöhnlich war, während ſie kleiner war, als ſich den 24. Novbr. 1825 die Nadel gegen Weſten entfernte. Von einer andern Seite ſcheinen die erwähnten Beobachtungen, weil die magnetiſche Neigung mit der Dauer der Oscillationen in Verhältniß ſteht, zu beweiſen, daß die Neigung abnimmt, wenn ſich die Nadel gegen Weſten entfernt, und zunimmt, wenn ſie gegen Oſt ſich bewegt. — Wir ha=

den bereits geſehen, daß man genöthigt war, zur Erklärung der verſchiedenen Aeußerungen des Erdmagnetismus die magnetiſchen Pole zu vervielfältigen. Dieſer Uebelſtand hat die Nothwendigkeit fühlbar gemacht, mit der größten Sorgfalt alle Zahlenelemente zu beſtimmen, welche ſich in einer großen Anzahl von Punkten der Erdoberfläche auf die magnetiſche Kraft beziehen. Auf dieſe Weiſe werden den Geometern die Mittel an die Hand gegeben, uns von jener Vielheit und Verwirrung der magnetiſchen Pole zu befreien. Zu dieſem Zwecke hat Humboldt alle während 32 Jahren von ihm gemachten Beobachtungen zuſammengeſtellt, welche ſich auf die Neigung der Magnetnadel und auf die Abnahme der Intenſität der magnetiſchen Kräfte von den Polen bis zu dem magnetiſchen Aequator beziehen. Alle dieſe Beobachtungen ſind in 3 Gruppen getheilt; die erſte begreift alle Neigungen und Kräfte, von 1798 — 1803 in Spanien, auf den canariſchen Inſeln, im atlantiſchen Ocean, auf dem Aequinoctial-Meere, nördlich und ſüdlich vom Aequator beobachtet; die zweite enthält die 1805 und 1806 in Frankreich, Italien, in der Schweiz und in Deutſchland gemachten Beobachtungen; die dritte Gruppe umſchließt die Beobachtungen von 1826 — 1829 in Deutſchland, in Preußen, in dem europäiſchen Rußland, auf den Küſten des caspiſchen Meeres und in dem Norden Aſiens, zwiſchen dem Ural, dem Altai, der kirghiſiſchen Steppe und den Grenzen Chinas. Die Beobachtungen der erſten Gruppe liegen den Berechnungen zum Grunde, nach denen Biot, Hanſteen und Morlet die Lage des magnetiſchen Aequators zu verſchiedenen Zeiten beſtimmt haben, und der Entdeckung des Geſetzes, nach welchem die Intenſiát der magnetiſchen Kräfte vom Aequator nach den Polen und den verſchiedenen Breiten variirt. Alle Beobachtungen, welche ſich auf die Zunahme der Intenſität in den zwei magnetiſchen Hemiſphären vom Aequator nach den Polen zu beziehen, und die Nichtparallelität der iſodynamiſchen Linien mit den Linien von gleicher Neigung ſind in den letzten Jahren durch zahlreiche Beobachtungen beſtätigt worden, welche die engliſchen Expeditionen nach den Polargegenden, die von franzöſiſchen Seefahrern unternommenen Reiſen um die Welt, und die von Hanſteen und Erman im nördlichen Aſien gemachten Reiſen geliefert haben. Humboldt hatte den Knoten der Linie ohne Neigung mit der iſodynamiſchen Linie unter 7° ſ. Br. und 81° w. L. von Paris entdeckt; er hatte dieſe letztere weſtlich von den Andes in das Küſtenland von Peru gegen Kasma u. Huarmay bis zum 10° ſ. Br. verfolgt. Erman fand in Sibirien, daß die Linie der Intenſität = 1,60 ſich auch von Norden nach Süden richtet, mit einer leichten Neigung gegen Südoſt. Derſelbe ſah die iſodynamiſche Linie 1,60 die Linien von gleicher Neigung faſt rechtwinklig ſchneiden, darauf von N.N.W. gegen S.S.O. herabſteigen, bei Obdorsk nahe bei der Mündung des Oby bei Tomsk. — Humboldt glaubt, daß wahrſcheinlich die iſodynamiſche Linie und der peruvianiſche Knoten des magnetiſchen Aequators ſeit ſeiner Reiſe von Oſten nach Weſten fortgerückt ſeien. Er führt in dieſer Beziehung an, daß Erman auf der Rückreiſe von Kamtſchatka zu Rio-Janeiro unter 135°

w. L. von Paris im Südmeere auf dem magnetiſchen Aequator bemerkt hat, daß die Intenſität der magnetiſchen Kräfte ſich faſt ebenſo fand, wie 26 Jahr früher er ſelbſt ſie auf dem magnetiſchen Aequator zu Peru gefunden hatte. — Da die Intenſität der magnetiſchen Kräfte keine Function der Neigung iſt, und da die iſodynamiſchen Linien mit den Linien von gleicher Neigung nicht parallel ſind, ſo iſt es natürlich, daß die verſchiedenen Punkte des Aequators nicht dieſelbe Intenſität haben. Auch bemerkt Humboldt, daß die Intenſitäten von London, Paris oder Berlin nicht dieſelben Zahlenwerthe geben können, wenn man als Einheit die Intenſität der Kräfte auf dem magnetiſchen Aequator zu Peru, auf den weſtlichen Küſten von Afrika oder im indiſchen Archipel annimmt. „Die iſothermiſchen Linien,*) ſagt er, werden merklich dem Aequator parallel, ſo wie man ſich von den Tropen entfernt; ſo verhält es ſich aber nicht mit den iſodynamiſchen Linien Hanſteens, welche einigemal z. B. zu Peru den magnetiſchen Aequator rechtwinklich durchſchneiden. Ich habe dieſelben Nadeln, oder untereinander verglichene Nadeln von Paris nach Mexiko, nach dem magnetiſchen Aequator in Peru, nach Berlin, Petersburg, auf die Küſten des kaspiſchen Meeres und in das nördliche Aſien gebracht und dieſe Kräfte in den verſchiedenen Orten der Erde ausgedrückt, indem ich die Intenſität als Einheit annahm, welche ich auf dem magnetiſchen Aequator zu Peru oder vielmehr auf dem Durchſchnittspunkte dieſes Aequators mit der iſodynamiſchen Linie des Minimums der Oscillationen fand. Unter dieſer Vorausſetzung finde ich für Paris 1,3482; für Mailand 1,3121; für Neapel 1,2745. Die ſehr genauen Beobachtungen von Roſſel zu Surabaya auf der Inſel Java und die von Sabine bei der Inſel St. Thomas, 5 nördlich vom Aequator, zeigen, daß die Intenſität der Kräfte geringer iſt auf dem magnetiſchen Aequator bei den weſtlichen Küſten von Afrika (40° 24′ w. L.) und im oſtindiſchen Archipel, als in dem Theile des magnetiſchen Aequators, welcher Peru durchſchneidet. Ebenſo hat Erman beobachtet, daß auf den Oſtküſten Südamerikas die magnetiſchen Kräfte viel ſchwächer ſind, bei gleichem Abſtande vom Südpole der Erde, als auf den weſtlichen Küſten. Die Intenſität 1, welche im Weſten des neuen Continents auf dem magnetiſchen Aequator in der Südſee unter 135° weſtl. L. und 1° 55′ ſ. Br. gefunden wurde, zeigt ſich auf den Küſten von Braſilien ſchon bei 38° ſ. Br., während die Neigung hier noch größer als 37° ſ. iſt. Es ſcheint mir immer wahrſcheinlicher, daß das Minimum der Intenſität der magnetiſchen Kräfte auf der Oberfläche der Erde, verglichen mit dem Maximum, nicht in dem Verhältniß von 1 : 2, ſondern vielmehr in dem Verhältniß von 1 :2,6 ſtehen.“ Humboldt hat bei den auf die Intenſität ſich beziehenden Beobachtungen nicht die durch die Temperaturveränderungen veranlaßten Correcturen angebracht; aber dieſe Veränderungen waren zu unbedeutend, um auf die Anzahl der Oscillationen, welche die Intenſität ausdrücken, einen merklichen Einfluß auszuüben. — Bei der Vergleichung der Verſuche über

*) S. d. Art. Erde S. 321.

magnetiſche Intenſität, die er an verſchiedenen Localitäten angeſtellt, glaubt er eine Abnahme der Kraft mit der zunehmenden Höhe des Beobachtungsortes zu erkennen. Kupffer hat ein ähnliches Reſultat aus den Beobachtungen am Caucaſus gezogen. Gay-Luſſac und Biot fanden bei ihrer Luftreiſe nur eine faſt unmerkliche Abnahme. — In der zweiten Gruppe von Beobachtungen hat Humboldt alle diejenigen zuſammengeſtellt, die er mit Gay-Luſſac von 1805 bis 1806 angeſtellt. Er hat ſeitdem Gelegenheit gehabt, an denſelben Orten neue Beobachtungen mit größerer Schärfe anzuſtellen, welches ihn ſogar veranlaßt hat, die jährlichen Aenderungen der Neigung zu beſtimmen, welche durch die Bewegung des Knotens verurſacht und durch die Geſtalt der krummen Linie, welche der magnetiſche Aequator darbietet, beſtimmt werden. Die Beobachtungen von 1798 und 1810 für Paris haben ihm 5′ jährliche Abnahme der magnetiſchen Neigung gegeben; die von 1820 und 1825, 3′, 3. Dieſe Verlangſamung war ſchon von Arago bemerkt worden. Beim Vergleich der Beobachtungen von Arago fand er von 1805 bis 1826 für Turin eine Verringerung um 3′, 5; für Florenz um 3′, 3 u. ſ. w. — Zur dritten Gruppe gehören 27 Beobachtungen aus Europa und Aſien mit Bouſſolen von Gambey und entfernt von dem Aufenthalte von Menſchen angeſtellt, denn dieſe letzte Vorſicht iſt durchaus nöthig, wenn man die Intenſität der magnetiſchen Kräfte beſtimmen will (wegen des an und in menſchlichen Wohnungen befindlichen Eiſens). Er hat nach ſeiner Rückkehr aus Rußland noch nicht Zeit gehabt, die für die Bekanntmachung nöthigen Correcturen der Beobachtungen über die Intenſität zu beſtimmen. — Humboldt hat der Akademie der Wiſſenſchaften das Reſultat ſeiner Beobachtungen über die Neigung der Magnetnadel im nördlichen Aſien mitgetheilt und damit die Beobachtungen verbunden, welche ſich auf die ſtündlichen Variationen beziehen und die an verſchiedenen Punkten der Erdoberfläche angeſtellt worden. — Auf ſeiner Reiſe von St. Petersburg nach Tobolsk und der Wüſte Barabas hat er Gelegenheit gehabt, auf mehren Punkten Verſuche anzuſtellen, die Hanſteen und Erman vor ihm mit denſelben Inſtrumenten beſucht hatten. Hieraus folgt, daß man gegenwärtig den magnetiſchen Zuſtand des größeren Theiles von Nord-Aſien kennt. Humboldt äußert ſich über die magnetiſchen Erſcheinungen der Erde wie folgt: „Die magnetiſchen Erſcheinungen der Erde hängen in großen Verhältniſſen nicht mehr als die klimatiſche Vertheilung der Wärme, die monatlichen und ſtündlichen Veränderungen des Druckes der Atmoſphäre, die Richtung und Menge der Regen von einfachen örtlichen Einflüſſen ab. Es ſind dieß großartige Phänomene, welche den ganzen Erdball umfaſſen und auf welche die Geſtalt des Continents, die innere Wärme der Erde u. ſ. w. von Einfluß ſind. Die vorſchreitende Bewegung der Knoten (Durchſchnittspunkte des magnetiſchen Aequators mit dem Erdäquator) von Oſt nach Weſt, welche Morlet entdeckt, Arago entwickelt hat, zeigt ſich in beiden Hemiſphären. Die Veränderung der magnetiſchen Breite, welche ein Reſultat dieſer fortſchreitenden Bewegung iſt, bewirkt zugleich eine Veränderung der Neigung. Der lange Zeitraum der ſeit meinen erſten magnetiſchen Beob-

achtungen verfloſſen, hat mir Gelegenheit gegeben, die jährlichen Aenderungen der Neigung für beſtimmte Epochen mit einer Genauigkeit von einigen Bruchtheilen der Minute zu beſtimmen.“ Humboldt berichtet auch, daß er alsbald nach ſeiner Rückkehr in einem großen Garten zu Berlin ein kleines ganz von Eiſen entblößtes Häuschen erbauen ließ, um hier regelmäßige Beobachtungen über die ſtündlichen Variationen der magnetiſchen Abweichung anzuſtellen. Dieſe Beobachtungen begannen den 5. Febr. 1829 und wurden 2 bis 3 mal des Tages bis zum 20 März fortgeſetzt; darauf wurden ſie im Herbſt von Dove wieder aufgenommen, um mehre Tage und Nächte hintereinander von Stunde zu Stunde zu beobachten, während entſprechende Beobachtungen auf gleiche Weiſe mit ähnlichen Inſtrumenten in verſchiedenen Punkten der Erde angeſtellt wurden. Schon 1806 bis 1807 hatte er ſich mit Oltmanns in dieſer beſchwerlichen Arbeit geübt. Indem ſie mehre Tage und eben ſo viele Nächte hintereinander um die Zeit der Nachtgleichen und der Solſtitien von Stunde zu Stunde und ſogar alle halbe Stunden beobachteten, erkannten ſie damals nächtliche Minima, ſo wie einzelne Störungen oder magnetiſche Wetter, welche in hohen Breiten oft mehre Nächte hintereinander zu denſelben Stunden vorkommen. Dieſe Arbeit vom Jahre 1807 hat ihm 1500 Reſultate, aus mehr als 6000 einzelnen Beobachtungen gezogen, gegeben, deren Verzeichniß im Archiv des Berliner Obſervatoriums niedergelegt iſt. Humboldt hat es dahin zu bringen geſucht, daß an allen Orten der Erde, wo es wiſſenſchaftlich gebildete Phyſiker gibt, mit denen er in Verbindung ſteht, Obſervatorien eingerichtet würden, um gleichzeitige magnetiſche Beobachtungen anzuſtellen. Er äußert ſich hierüber, wie folgt: „Ich habe nur die Wünſche des Herrn Arago, (von deſſen Arbeit er eben geſprochen), erfüllt, indem ich eine gleichzeitige Reihe von ſtündlichen Beobachtungen bei Tage und bei Nacht während 38 auf einander folgender Stunden einrichtete. Ich habe es dahin gebracht, daß eine Bouſſole von Gambey in das Innere der Bergwerke von Freiberg geſtellt wurde, wo die außerordentliche Gleichmäßigkeit der Temperatur die Beobachtungen des Herrn Reich über die regelmäßigen und unregelmäßigen Veränderungen, welche die Intenſität der Kräfte zu erleiden ſcheint, erleichtert und auf ſeine Bitte haben die kaiſerliche Akademie von Petersburg und der Curator der Univerſität zu Kaſan magnetiſche Pavillons errichten laſſen. Kupffer beobachtet zu Petersburg und Simonoff zu Kaſan. Der erſtere berichtet mir, daß Anſtalten gemacht ſind, ein Inſtrument von Gambey zu Moskau herzuſtellen, und daß vielleicht unſere Linie correſpondirender Beobachtungen bis nach Sitka ausgedehnt werde, wo ſich auf der Nordweſtküſte von Amerika der durch ſeine Reiſen in die Polarmeere berühmte Baron v. Wrangel aufhalten werde; nach Peking in dem Hauſe der ruſſiſchen Miſſionäre; nach Archangel, wo Reiveni eine Charte des weißen Meeres aufnehmen wird. Wir erhalten bereits Beobachtungen von Nikolajeff in der Grimm, wo der Admiral Greigh auf Einladung der Petersburger Akademie die Errichtung eines Pavillons zu Beobachtungen der ſtündlichen Variationen

angeordnet hat. Zu Berlin will Encke während meiner häufigen Entfernungen von der Hauptſtadt die Beobachtungen fortſetzen, eifrig unterſtützt von Poggendorf, Dirichlet, Dove und Magnus. In Amerika beobachtet Bouſſingault die Gambeyſche Bouſſole. Zu Marmato auf dem öſtlichen Abhange der Cordilleren von Chaco in der Provinz Antioquia unter 5° 27′ n. Br., von Kaſan bis Marmato, wo die beiden Gambeyſchen Bouſſolen aufgeſtellt, ſind über 125° Länge u. ſ. w." —

Duperrey hat aus den magnetiſchen Beobachtungen am Bord der Corvette la Coquille die Geſtalt des magnetiſchen Aequators, den er ſechsmal durchſchnitten, abgeleitet. Er hat dieſe Curve ſowohl nach Norden als nach Süden in ziemlich bedeutende Längen-Zwiſchenräume verlängert. Indem er ſich allein auf eigne Beobachtungen ſtützte, hat derſelbe einen Theil des magnetiſchen Aequators (nach einer hier nicht näher zu beſchreibenden Methode) in einer Ausdehnung von 247° Länge gezogen. Dieſer Theil umfaßt den atlantiſchen Ocean, einen Theil des Continents von Südamerika, den großen Ocean unter dem Aequator und den Archipel von Aſien bis zum Meridian des weſtlichen Theiles der Inſel Borneo. Duperrey hat auch den Theil des magnetiſchen Aequators gegen Oſten zu verlängern geſucht, nach ſeinen eignen Beobachtungen und mit Hilfe derjenigen, welche Sabine 1822 auf der Inſel St. Tomé, Golf von Guinea gemacht hat. Was die Verlängerung zwiſchen dem Meridian des öſtlichen Theils von Borneo und der Nordſpitze von Ceylon betrifft, ſo iſt ſie das Reſultat der 1827 von Bloſſeville auf der Corvette la Chevrette gemachten Beobachtungen. Sabine hat die Lage des einen der beiden Knoten des magnetiſchen Aequators beſtimmt, welcher ſich unter 3° 20′ öſtlich vom Pariſer Meridian befindet. Duperrey zeigt, daß ausgehend von dieſem Knoten die Linie ohne Neigung nördlich aufſteigt, indem ſie das afrikaniſche Feſtland durchſchneidet, im rothen Meere wahrſcheinlich den 15° n. Br. erreicht (wenigſtens nach einer Beobachtung von Panton 1776 auf der Inſel Socotora) und hierauf wieder ein wenig nach Süden herabſteigt, bis zu dem Punkte auf der Nordſpitze von Ceylon, welchen Bloſſeville beſtimmt hat. Hiernach ſcheint der magnetiſche Aequator die Aequinoctiallinie nur in 2 Punkten zu treffen, welche diametral einander gegenüber ſtehen, und von denen der eine in dem atlantiſchen Ocean liegt, der andere in dem großen Ocean beinahe in der Ebene des Pariſer Meridianes. Da, wo dieſer Aequator nur auf einzelne zerſtreute Inſeln trifft, ſcheint er ſich nur wenig von der Aequinoctiallinie zu entfernen. Dieſe Abweichung ſcheint aber größer zu werden, wo die Inſeln ſich häufen, und wird am größten, ſowohl nach Norden als nach Süden, in den beiden großen Continenten, die er durchſchneidet. Zwiſchen dem ſüdlichen und nördlichen Theile dieſer Curve ſcheint eine bemerkenswerthe und viel vollendetere Symmetrie zu herrſchen, als man bisher angenommen hat. In einem Aufſatze über den Erdmagnetismus, welchen Duperrey 1833 der Akademie der Wiſſenſchaften vorgelegt hat, geht derſelbe von dem Principe aus, daß die Temperatur,

welche einen Einfluß auf die Anzahl der Oscillationen hat, die die Magnetnadel in einer gegebenen Zeit macht, auch eine Variation in der Wirkung des Erdmagnetismus hervorbringen muß. — Hanſteen hat alle Beobachtungen über magnetiſche Intenſität von 1780 — 1830 vereinigt, und hiernach auf einer Charte die iſodynamiſchen Linien (von derſelben magnetiſchen Intenſität) gezogen. Mit Hilfe dieſer Linien glaubt derſelbe die Gegenwart zweier magnetiſchen Pole auf jeder Hemiſphäre entdeckt zu haben, aber mit dem Unterſchied, daß die geſammte magnetiſche Intenſität auf der ſüdlichen Halbkugel kleiner, als auf der nördlichen iſt. Kupffer gibt, wie ſchon geſagt, die Folgerungen aus der Hanſteenſchen Arbeit nicht zu, und Duperrey, der die Meinung Kupffers theilt, hat die Arbeit deſſelben zu vervollſtändigen geſucht. Er hat ſich daher bemüht, den gegenwärtigen Stand der magnetiſchen Thätigkeit auf der Erdoberfläche, ſo wie die Urſache jener Variationen in der Richtung und Intenſität zu beſtimmen, indem er ſich dabei auf ſeine eignen Beobachtungen und auf die von Roſſel, Humboldt, Sabine, Hanſteen, Keilhau und Böck, Lütke, King, Due, Erman und Kupffer ſtützte. Auf dieſe Weiſe iſt er zu der Beſtimmung von 9 iſodynamiſchen Curven nördlich und ſüdlich vom magnetiſchen Aequator gekommen, welche ſehr wenig von denen abweichen, die Hanſteen auf der nördlichen Halbkugel jenſeit des Wendekreiſes des Krebſes gezogen hat. Er hat den magnetiſchen Aequator als die Verbindung aller derjenigen Punkte betrachtet, auf welchen in den verſchiedenen Meridianen der Erde die magnetiſche Intenſität auf ihr Minimum gebracht iſt. Indem er die Beobachtungen durchging, erkannte er, daß dieſe Punkte genau dieſelben mit den wärmſten auf jedem Meridiane ſind. So würde denn nach ihm die Curve, welche er als den magnetiſchen Aequator betrachtet, zugleich die Linie der höchſten Temperaturen und der geringſten magnetiſchen Intenſitäten jedes Meridianes ſein. Die Lage jedes magnetiſchen Poles iſt nach der von Duperrey angenommenen Theorie von den iſodynamiſchen Linien, welche jeder Hemiſphäre eigenthümlich ſind, abhängig. Er hat auf ſeinen Charten die Plätze, an denen ſich die magnetiſchen Pole befinden ſollen, nur durch Linien von ſehr ſtarker Intenſität umgrenzt. In der Vorausſetzung, daß es 2 magnetiſche Pole ſehr nahe am Mittelpunkte der Erde gebe, hat Biot, wie ſchon geſagt wurde, das Geſetz der Zunahme der magnetiſchen Intenſität vom Aequator nach dem Pole beſtimmt. Die Formel, welche dieſes Geſetz darſtellt, ſetzt eine völlige Gleichartigkeit der Erde voraus, und kann daher durch einzelne Beobachtungen nicht beſtätigt werden. Um alle Beobachtungen auf dieſe Annahme zurückzuführen, war Duperrey genöthigt, die mittlere Intenſität des Erdäquators und jedes Parallelkreiſes der Erdkugel zu nehmen, hierauf den Umfang jeder krummen Linie mit ihrer Intenſität zu multipliciren, um die geſammte Intenſität zu erhalten und nachher das Mittel der geſammten Intenſitäten der entſprechenden Parallelen auf jeder Halbkugel zu nehmen. Er hat auf dieſe Weiſe alle Punkte der Curve erhalten, welche das Geſetz der Zunahme der magnetiſchen Kräfte nach der Beob-

achtung] darſtellt. *) Zieht man dieſe Curve neben derjenigen, welche ſich aus der Biotſchen Formel ergibt, ſo entfernt ſie ſich von derſelben nur etwa um 0,015 der Intenſität, indem man als Einheit die auf dem magnetiſchen Aequator zu Peru annimmt. Er hat unter andern gefunden, daß die Oberfläche der nördlichen magnetiſchen Halbkugel zur Oberfläche der ſüdlichen magnetiſchen Halbkugel wie 1,000 : 1,0152 ſich verhält. In demſelben Verhältniß ſteht die Geſammtintenſität der ſüdlichen Erdhemiſphäre zur Geſammtintenſität der nördlichen Erdhemiſphäre. Hieraus ſchließt er, daß die Oberflächen der beiden magnetiſchen Hemiſphären den Geſammtintenſitäten der beiden Erdhemiſphären proportional ſind. Duperrey ſchreibt zum großen Theil den Unterſchied in den relativen Intenſitäten des Magnetismus an jedem Orte dem Temperaturunterſchiede dieſer Orte zu. Er will bei der Vergleichung der iſothermiſchen und der iſodynamiſchen Linien eine merkwürdige Analogie in ihren Richtungen, unter andern in der Richtung ihrer Ausbiegungen und Einbiegungen gefunden haben. Zu Gunſten ſeiner Theorie führt er noch die tägliche Bewegung der Magnetnadel an. Sobald die Sonne ſich erhebt, ſagt er, erwärmt ſie allmählig alle Punkte des Horizonts im Oriente des Beobachtungsortes; die magnetiſche Intenſität nimmt ab in demſelben Maße, in welchem die Wärme zunimmt. Hieraus folgt, daß die iſodynamiſche Linie, welche durch den Beobachtungsort geht, aufſchwillt, indem ſie ſich von dem Aequator entfernt und nach dem Pole zu erhebt. Die Magnetnadel, welche ſtets ſenkrecht auf ihn ſteht, folgt der Bewegung, und ihr Nordende geht an nördlichen Beobachtungsorten gegen Weſten und an ſüdlichen Beobachtungsorten gegen Oſten. Wenn die Sonne durch den Meridian gegangen iſt, ſo kühlt ſich der Horizont im Oſten ab, und wird im Weſten erwärmt. Die iſodynamiſche Linie verändert aufs Neue ihre Stellung, nimmt ihre urſprüngliche Stellung an und geht aus dieſer im entgegengeſetzten Sinne in eine neue über. Die Nadel, welche dieſer Bewegung folgt, richtet ihr Nordende in nördlichen Beobachtungsorten gegen Weſten. Liegt der Beobachtungsort auf dem magnetiſchen Aequator oder in geringer Entfernung von demſelben, ſo bewegt ſich das Nordende der Magnetnadel alle Morgen gegen Weſten oder gegen Oſten, je nachdem die Sonne nördlich oder ſüdlich von dem Beobachtungsorte ihren Lauf nimmt, und dieſe Erſcheinung bezieht ſich gleichfalls auf das angegebene Princip; denn da der magnetiſche Aequator die Linie der kleinſten Intenſitäten in jedem Meridian ſein ſoll, ſo muß er nothwendig alle Tage ſeine Lage verändern, indem er ſich ſchief gegen den Parallelkreis erhebt, welchen die Sonne beſchreibt. Duperrey hat ſeine Theorie durch alle Thatſachen zu unterſtützen geſucht, welche die Erfahrung bis jetzt dargeboten hat, und hat daraus abgeleitet, daß die ſüdliche Erdhemiſphäre ungefähr um 1° kälter als die nördliche iſt. — Quetelet hat 1833 der Brüſſeler Akademie der Wiſſenſchaften das

*) Ueber die Weiſe die Zunahme der Intenſitäten durch eine Curve auszuzudrücken, gibt Fig. 257. zu S. 534. Bd. III. ein Beiſpiel.

Reſultat ſeiner Beobachtungen über die relative Intenſität des Erdmagnetismus zu Brüſſel, Paris und London mitgetheilt. Dieſe Beobachtungen wurden bei ziemlich gleichen Temperaturen angeſtellt, um die Fehler zu vermeiden, welche den Temperaturdifferenzen zugeſchrieben werden könnten. Er hat hintereinander 2 cylindriſche Nadeln und eine kleine Stange von parallelepipediſcher Form dem Verſuche unterworfen, und aus dem Vergleiche ſeiner Beobachtungen mit denen von Sabine, Rudberg und andern Phyſikern gefunden, daß alles zu der Annahme führt, daß die horizontale Intenſität des Magnetismus während der Jahre 1828 bis 1833 um eine kleine Größe zugenommen hat. — Necker de Sauſſure verglich die Curven gleicher magnetiſcher Intenſität mit denen der Schichtung der großen Gebirgsketten und fand, daß beide auf merkwürdige Weiſe zuſammenfallen. — Im Jahr 1834 hat Morlet der Akademie der Wiſſenſchaften eine Abhandlung mitgetheilt, welche die Theorie des Erdmagnetismus erläutert. — Alle früheren Beobachtungen über den Einfluß des Erdmagnetismus ſind an Schärfe und Genauigkeit durch diejenigen übertroffen worden, welche ſeit 1834 Gauß in Göttingen und mit ihm in Verbindung andere Phyſiker an anderen Orten angeſtellt haben. Gauß bedient ſich eines eigenen großartigen magnetiſchen Apparates, der in einem magnetiſchen Obſervatorium aufgeſtellt iſt.*) Eine Hauptanwendung des Apparats beſteht nun in

*) Statt einer gewöhnlichen Nadel bedient ſich Gauß größerer Magnetſtäbe von 610 Millim. Länge, 37 Millim. Breite, 10 Millim. Dicke und gegen 4 Pfund Gewicht. Die Aufhängung geſchieht an einem 7 Fuß langen ungedrehten Seidenfaden, der aus 200 einfachen zuſammengeſetzt iſt. Die Drehung des Fadens wird an einem an ſeinem untern Ende angebrachten eingetheilten Kreiſe gemeſſen. Die Nadel trägt an ihrem ſüdlichen oder nördlichen Ende einen Planſpiegel (75 Millim. breit und 50 hoch), deſſen Ebene gegen die magnetiſche Axe der Nadel durch 2 Correctionsſchrauben, ſo genau wie man will, ſenkrecht geſtellt werden kann. Die ſo frei ſchwebende Nadel befindet ſich in einem hölzernen cylindriſchen Kaſten, welcher außer der kleinen Oeffnung im Deckel, durch welche der Faden geht, noch eine größere an der Seite hat, welche nur wenig höher und breiter iſt als der erwähnte Spiegel. Dem Spiegel gegenüber iſt ein Theodolith aufgeſtellt; die verticale Axe deſſelben und die Aufhängefaden ſind in demſelben Meridian, und etwa 16 Fuß von einander entfernt. Die optiſche Axe des Fernrohrs am Theodolith iſt etwas höher als die Nadel, und in der Verticalebene des magnetiſchen Meridians ſo abwärts geneigt, daß ſie gegen die Mitte des Spiegels an der Nadel gerichtet iſt. An dem Stativ des Theodolithen iſt eine 4 Fuß lange horizontale Scale befeſtigt (jeder Scalentheil iſt = 21″,3), die mit dem magnetiſchen Meridian einen rechten Winkel macht; derjenige Punkt der Scale, welcher mit der optiſchen Axe des Fernrohrs in einer Verticalebene liegt, und hier der Kürze wegen der Mittelpunkt heißen mag, wird durch einen von der Mitte des Objectivs herabhangenden, mit einem Gewicht beſchwerten feinen Goldfaden bezeichnet. Die Scale iſt in einer ſolchen Höhe, daß das Bild eines Theils der-

der ſcharfen Beſtimmung der magnetiſchen Deklination und ihrer Veränderung in verſchiedenen Tagesſtunden, Monaten und Jahren. Alle Tage wird die Aufzeichnung zweimal zu beſtimmten Stunden gemacht; man hat dazu die Vormittagsſtunde 8 Uhr, und die Nachmittagsſtunde 1 Uhr gewählt, mit welchen Zeiten bei regelmäßigem Verlauf der täglichen Variationen die kleinſte und die größte Deklination, wenigſtens in den erſten Monaten des Jahres, ungefähr zuſammenfallen. Ferner werden an gewiſſen beſtimmten Tagen im Jahre 44 Stunden hindurch ununterbrochen in kurzen Zeitfriſten die Deklinationen beobachtet. Man hat dazu dieſelben bereits vor mehren Jahren durch Humboldt feſtgeſetzten Tage gewählt, an welchen, nach Verabredung, ſchon an vielen zum Theil ſehr entlegenen Plätzen ähnliche Aufzeichnungen mit Gambey'ſchen Apparaten gemacht worden. Der Zweck dieſer Beobachtungen iſt, theils den regelmäßigen Verlauf nach und nach immer vollſtändiger kennen zu lernen, theils die Bewandtniß, welche es mit den ſo häufig dazwiſchen kommenden, zuweilen, beſonders bei Nordlichtern, ungemein beträchtlichen außerordentlichen Anomalien hat, durch Vergleichung der

---

ſelben im Spiegel durch das Fernrohr erſcheint, deſſen Ocular zum deutlichen Sehen auf die Entfernung dieſes Bildes geſtellt iſt. Auf der entgegengeſetzten Seite von der Nadel iſt in derſelben Verticalebene, und in einer Entfernung vom Fernrohr, welche der jenes Bildes gleich iſt, eine Marke befeſtigt, welche dazu dient, jeden Augenblick die unverrückte Stellung des Theodolithen zu prüfen. Es erhellt nun leicht, daß, wenn obige Bedingungen genau erfüllt ſind, das Bild des Nullpunkts der Scale genau auf der optiſchen Axe des Fernrohrs erſcheinen muß, und daß, in ſo fern an dem Platze des Theodolithen ein Gegenſtand von bekanntem Azimuth ſichtbar iſt, man mit Hilfe dieſes Inſtruments ſogleich die abſolute magnetiſche Declination erhalten kann. Fehlt dagegen an jenen Bedingungen etwas, ſo wird, allgemein zu reden, nicht das Bild des Mittelpunkts, ſondern das eines andern Punkts der Scale auf der optiſchen Axe erſcheinen, und wenn die horizontale Entfernung der Scale vom Spiegel genau gemeſſen iſt, wird der Betrag der Scalentheile leicht auf den entſprechenden Winkel reducirt, und jenes erhaltene Reſultat corrigirt werden können. Der Betrag des Collimationsfehlers des Spiegels kann mit größter Schärfe und Leichtigkeit durch Umlegen der Nadel in ihrem Träger (daß die obere Seite zur untern wird) ausgemittelt werden. Bei den aufgeſtellten Apparaten beträgt ein Scalentheil nahe 22 Secunden, und ein nur etwas geübtes Auge theilt ein ſolches Intervall noch leicht in 10 Theile. Mit dieſen Vorrichtungen beſtimmt man alſo die Richtung der Nadel und ihre Veränderungen auf das Schärfſte. Man hat gar nicht nöthig ſtets zu warten, bis ſie zur Ruhe gekommen iſt, da die beiden Elongationen rechts und links ſich mit äußerſter Schärfe beobachten laſſen, und ihre Combination, gehörig behandelt, den entſprechenden Ruhepunkt mit derſelben Schärfe gibt. In den Vormittagsſtunden, wo die tägliche Variation am ſchnellſten iſt, kann man dieſe beinahe von einer Zeitminute zur andern verfolgen.

gleichzeitigen Beobachtungen an verſchiedenen Orten zu erforſchen. Die Aufzeichnungen geſchahen im März 1834 von 20 zu 20 Minuten und zum Theil in halb ſo großen Zwiſchenzeiten, im Mai von 10 zu 10 Minuten und zum Theil in doppelt engen Grenzen, im Juni durchgehends von 5 zu 5 Minuten. Später wurde ſogar von 3 zu 3 Minuten beobachtet. Dieſe Beobachtungen ſind bis in die neueſte Zeit fortgeſetzt worden und correſpondirende Aufzeichnungen geſchahen in Leipzig, Berlin, Kopenhagen, Mailand, Altona, Rom, unter denen zum Theil eine merkwürdige Uebereinſtimmung herrſcht. Die Reſultate werden durch geographiſche Darſtellungen erläutert in Poggendorffs Annalen der Phyſik mitgetheilt.*) Gauß hat ſich um die Theorie des Erdmagnetismus überdieß durch mathematiſche Betrachtungen große Verdienſte erworben. — Zu den neuſten Unterſuchungen über Erdmagnetismus gehören endlich auch noch die von Moſer. Nach ihm beſitzt nur die Erdoberfläche magnetiſche Kraft und zwar nur bis zu einer gewiſſen gegen den Halbmeſſer der Erde verſchwindend kleinen Tiefe. Er ſchließt dieß aus der Vergleichung der thermiſchen und magnetiſchen Curven. Derſelbe hat ſich bemüht eine gegenſeitige Abhängigkeit des Magnetismus und der Wärme darzuthun. — Schließlich muß noch erwähnt werden, daß Capitän Roß auf ſeiner letzten Reiſe in den Polargegenden, den magnetiſchen Pol wirklich erreicht haben will, indem er eine faſt ſenkrechte Stelle der Neigungsnadel an dieſem Orte beobachtete. Dieſer Pol liegt unter 70° 5′ 17″ n. Br. und 96° 45′ 18″ w. L. von Greenwich.

Nickel ein ſchweres unedles, 1751 von Cronſtedt entdecktes Metall, kommt natürlich mit anderen Mineralien verbunden im Kupfernickel, in der Nickelſchwärze, im Nickelocker, Haarkies, Nickelglanz und im Nickelſpießglanzerz vor. Meteorſteine und Meteoreiſen enthalten es faſt immer. Es iſt dem Kobalt ſehr verwandt und ſteht ſeinen Eigenſchaften nach zwiſchen Eiſen und Kupfer, iſt ins Graue gehend ſilberweiß, ſtark glänzend, hart, dehnbar und ſehr ſtreng flüſſig, kann zu dünnen Blechen und zu feinem Drahte ausgedehnt werden und läßt ſich in der Hitze etwas ſchweißen. Sein ſpecif. Gewicht iſt 8,66 bis 8,93. Es iſt magnetiſch (ſ. d. Art. Magnet). Mit dem Sauerſtoff verbindet es ſich nicht zu leicht. Es bleibt bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft unverändert und läuft beim Erhitzen wie Stahl an. Salpeterſäure löſt es ſehr leicht auf; Salzſäure und verdünnte Schwefelſäure löſen es in der Wärme langſam auf. Das Nickeloxyd iſt ein

---

*) Die vortrefflichen Einrichtungen für magnetiſche Beobachtungen haben 1834 noch eine Erweiterung erhalten, indem ein zweiter Apparat in einiger Entfernung vom Hauptapparate hergeſtellt worden. Man hat nämlich in der Sternwarte einen 4 Fuß langen, faſt 3 Zoll breiten und ½ Zoll dicken und 25 Pfund ſchweren Magnet aus Uſſlarſchem Gußſtahl an einem 16 Fuß langen tauſendfachen Seidenfaden aufgehangen.

dunkelgraues unmagnetiſches Pulver, welches mit Waſſer ein apfelgrünes Hydrat gibt. Mit Säuren bildet es Salze, die im waſſerhaltigen Zuſtande ſmaragdgrün und apfelgrün, im entwäſſerten gelb ſind; mit ſchmelzendem Borax gibt es ein gelbes Glas. — Das Nickelhyperoxyd iſt eine ſchwarze Maſſe von glänzendem muſchligen Bruche. — Man kennt ſalpeterſaures Nickeloxyd, welches in ſmaragdgrünen zerfließlichen Säulen, ſchwefelſaures Nickeloxyd, welches bald in Quadratoktaëdern, bald in geraden rhombiſchen Säulen kryſtalliſirt und kohlenſaures Nickeloxyd, ein blaßapfelgrünes, im Waſſer nicht lösliches Pulver. — Mit Chlor verbindet ſich Nickel beim Erhitzen unter Feuerſcheinung zu Chlornickel, welches eine gelbe Farbe hat. Daſſelbe iſt im Waſſer anfangs wenig löslich, löſt ſich aber ſpäter mit grüner Farbe als ſalzſaures Nickeloxyd auf. — Mit Schwefel vereinigt ſich Nickel ebenfalls beim Erhitzen mit Feuerſcheinung zu Schwefelnickel, einer graugelben, metalliſchglänzenden Maſſe, welche der Magnet anzieht. — Phosphornickel iſt weiß, metallglänzend, ſpröde und leicht ſchmelzbar. — Unter den Legirungen des Kupfers iſt ſeit einiger Zeit die mit Kupfer unter dem Namen Weißkupfer, Neuſilber, Argentan ſehr in Aufnahme. Man fertigt daraus allerlei Geräthſchaften, weil es ſich durch eine dem Silber faſt gleichkommende Weiße, Härte und Dauerhaftigkeit auszeichnet.

Nonius oder **Vernier** heißt eine in gleiche Theile getheilte gerade oder krumme Linie, welche ſich an einem Maßſtabe verſchieben läßt, und zu genauerer Meſſung, als mit dem Maßſtabe allein möglich wäre, dient, indem mit Hilfe derſelben Theile der Abtheilungen des Maßſtabes beſtimmt werden. Den Namen hat dieſe Vorrichtung von dem Portugieſen Nonius, dem man mit Unrecht die Erfindung derſelben zuſchrieb, und von dem Franzoſen Peter Vernier, der ſie 1631 wirklich erfunden.

Geſetzt ein Maßſtab enthalte n mal ein bekanntes Maß ($=1$), alſo n Abtheilungen von der Länge des angenommenen Maßes und ein neben ihm liegender zweiter Maßſtab (der Vernier), ſei um die Einheit dieſes Maßes kürzer, aber auch in n gleiche Theile getheilt, ſo iſt jede Abtheilung des Nonius $= \frac{n-1}{n}$. Geſetzt die Anfänge (Nullpunkte) beider Maßſtäbe treffen genau auf einander, ſo wird der erſte Theilſtrich des eigentlichen Maßſtabes über den erſten Theilſtrich des Vernier hinausfallen, und zwar wird der Abſtand beider Theilſtriche $= 1 - \frac{n-1}{n} = \frac{1}{n}$ ſein; der Abſtand der mit 2 bezeichneten Theilſtriche wird ſein $= 2 - 2\left(\frac{n-1}{n}\right) = \frac{1}{n}$ u. ſ. f., der Abſtand der mit n bezeichneten Theilſtriche (Ende beider Maßſtäbe) iſt $= n - n\left(\frac{n-1}{n}\right) = 1$, d. h. der letzte Theilſtrich des Vernier iſt um 1 entfernt von dem letzten Theilſtriche des Maßſtabes, fällt folglich zuſam-

men mit dem vorletzten Theilſtriche des Maßſtabes, welches ſchon in der Vorausſetzung ausgeſprochen war.

Um ein beſtimmtes Beiſpiel zu haben, nehme man an, Fig. 7. ſei ab der Maßſtab = 10 Zoll, alſo daß jeder Theilſtrich an ihm 1 Zoll abſchneide; der Vernier cd ſei = 9 Zoll, aber in 10 Theile getheilt, ſo ſchneidet an ihm jeder Theilſtrich $\frac{9}{10}$ Zoll ab. Der Abſtand des erſten Theilſtriches des Maßſtabes vom erſten Theilſtriche des Vernier iſt offenbar = 1 Zoll — $\frac{9}{10}$ Zoll = $\frac{1}{10}$ Zoll. Der Abſtand des zweiten Theilſtriches des Maßſtabes vom zweiten Theilſtriche des Verniers iſt = 2 Zoll — $\frac{18}{10}$ Zoll = $\frac{2}{10}$ Zoll u. ſ. f. Endlich der zehnte Theilſtrich des Maßſtabes ſteht ab vom zehnten Theilſtriche des Nonius = 10 Zoll — $\frac{90}{10}$ Zoll = 1 Zoll.

Unterſuchen wir für den oben angenommenen allgemeinen Fall die Abſtände der letzten Theilſtriche des Maßſtabes und Vernier, ſo iſt dieſer Abſtand

beim Zuſammentreffen der Nullpunkte $= \frac{n}{n} = 1.$

" " " erſten Theilſtriche*) $= \frac{n-1}{n}.$

" " " zweiten " $= \frac{n-2}{n}.$

" " " m ten " $= \frac{n-m}{n}.$

" " " n — 1 ten " $= \frac{n-(n-1)}{n} = \frac{1}{n}.$

" " " n ten " $= \frac{n-n}{n} = 0.$

Für das angenommene beſtimmte Beiſpiel, wo der Maßſtab = 10 Zoll, der Vernier = 10 × $\frac{9}{10}$ Zoll war; iſt der Abſtand der letzten Theilſtriche

beim Zuſammentreffen der Nullpunkte = 1 Zoll.

" " " erſten Theilſtriche = $\frac{9}{10}$ "

" " " zweiten " = $\frac{8}{10}$ "

" " " neunten " = $\frac{1}{10}$ "

" " " zehnten " = 0 "

Geſetzt man ſoll mit Hilfe eines Maßſtabes und Verniers die kleine Linie bm meſſen, ſo iſt dieſes, da ſie kleiner als 1 Zoll mit dem Maßſtabe allein nicht möglich. Man ſtellt daher den Vernier ſo ein, daß ſein letzter Theilſtrich nach m (Fig. 8.) fällt, dann iſt bm = dem Abſtande der letzten Theilſtriche von Maßſtab und Vernier. Man

*) Nach ähnlicher Ableitung wie oben. Der zweite Theilſtrich des Maßſtabes ſteht jetzt ab vom zweiten Theilſtriche des Vernier $= 1 - \left(\frac{n-1}{n}\right) = \frac{1}{n}$, der dritte vom dritten um $\frac{2}{n}$ u. ſ. f., der n te vom n ten um $\frac{n-1}{n}$.

ſieht nun zu, welche Theilſtriche des Maßſtabes und Vernier bei dieſer Stellung zuſammenfallen; die Figur zeigt dieſes vor den mit 2 bezeichneten an, ſo iſt bm $= \frac{8}{10}$ Zoll. War die Linie am zu meſſen, ſo findet man ihre Länge $= ab - mb = 10 - \frac{8}{10} = 9\frac{2}{10}$ Zoll.

Man ſieht alsbald ein, daß ſich ein Vernier bei jeder Art von Maßſtäben, auch bei Gradeintheilungen anbringen laſſe. Der Vernier pflegt mit dem Maßſtabe, zu dem er gehört, ſo verbunden zu werden, daß er ſich genau an denſelben anſchließt und an ihm hin verſchieben läßt. Um die Einſtellung deſſelben genau bewerkſtelligen zu können, pflegt man ihn durch eine Mikrometerſchraube beweglich zu machen.

Nord, Norden, nördliche Himmelsgegend, Mitternacht heißt die Himmelsgegend, welche gerade vor uns liegt, wenn wir die rechte Hand gegen Oſten, die linke gegen Weſten gekehrt haben; oder die Gegend um den **Nordpunkt**, der im Horizont 90° vom Oſtpunkt und eben ſo weit vom Weſtpunkte abſteht, in dem der Meridian des Beobachtungsortes den Horizont deſſelben ſchneidet. Vergl. d. Art. **Horizont**.

Nordlicht, Nordſchein, Polarlicht heißt eine eigenthümliche in den Gegenden um die Pole ſich zeigende Lichterſcheinung in der Atmoſphäre. Dieſe Erſcheinung iſt in den Gegenden, welche wir bewohnen, nur ſelten ſichtbar; weil wir ſie dann aber jedesmal über der nördlichen Gegend des Horizonts erblicken, haben wir ihr den Namen Nordlicht gegeben. Je näher man aber an die Pole kommt, deſto häufiger wird ſie, und in den Polargegenden iſt ſie ſo regelmäßig und häufig, daß man ſie nicht ohne Grund die Sonne jener Gegenden genannt hat. Die Reiſenden, welche jene Gegenden beſucht haben, ſo wie die Bewohner des nördlichen Schottlands, Norwegens, Lapplands und der nördlichen Gegenden von Amerika und Aſien, erzählen, daß die Nordlichter ein glänzendes Licht entſenden, welches in den lebhafteſten Nüancen gefärbt iſt, ſo daß eine weite Strecke des Himmels in Feuer zu ſtehen ſcheint und ſelbſt die Erde davon wiederglänzt. Die Erſcheinung iſt nicht ſchnell und vorübergehend, wie das Licht des Blitzes, ſie zeigt ſich ſtets mehre Stunden und oft glänzt ſie während der ganzen langen Nächte jener Gegenden. Ihr Glanz iſt aber auch nicht ruhig und unveränderlich, wie der der Geſtirne; man vergleicht ſie mit ungeheuren Flammen, welche in den hohen Regionen des Himmels ſich entwickeln, welche nach allen Richtungen ſich bewegen, ſich ſtoßen, verlöſchen und ſich mit einer wunderbaren Schnelligkeit wieder entzünden. Dieſes großartige Schauſpiel ſetzt den Beobachter eben ſo ſehr in Verwunderung, wie in Schrecken. Wie es ſcheint, ſo kann ſich das Nordlicht nur dann vollkommen entwickeln, wenn der Himmel unbewölkt iſt, oder wenigſtens nur mit ſolchen mehr oder weniger leichten Dünſten erfüllt iſt, wie man ſie gewöhnlich am Horizont zu erblicken pflegt, und welche ſich niemals zu einer bedeutenden Höhe erheben. Ehe das Nordlicht ſichtbar wird, unterſcheidet man nach dem Untergange der Sonne einen undeutlichen Schimmer gegen Norden. Bald erheben ſich Strahlen

über den Horizont, welche breit und unregelmäßig ſind, und welche im Allgemeinen gegen den Zenith hin ſich ausdehnen. Nach dieſen ſchon ſehr mannigfaltigen Erſcheinungen, welche nur das Vorſpiel der Erſcheinung ſind, erblickt man in großen Abſtänden 2 gewaltige Feuerſäulen, die eine gegen Morgen, die andere gegen Abend, welche langſam über den Horizont emporſteigen und zu bedeutender Höhe gelangen. Während ſie mit ungleicher und veränderlicher Geſchwindigkeit ſich erheben, ändert ſich unaufhörlich ihre Farbe und ihr Anblick; hellere oder dunklere feurige Streifen durchziehen ihre Länge, oder hüllen ſie in Krümmungen ein; ihr Glanz geht von Gelb in Dunkelgrün oder helles Purpurroth über; endlich neigen ſich die Enden der beiden blendenden Säulen, eine gegen die andere, und vereinigen ſich zur Bildung eines Bogens, oder vielmehr eines Feuergewölbes von ungeheurer Ausdehnung. Nachdem ſich der Bogen gebildet hat, bleibt er majeſtätiſch ſtundenlang am Himmel ſtehen; der von ihm eingeſchloſſene Raum iſt ziemlich dunkel, aber von Zeit zu Zeit wieder durch breite und verſchiedenfarbige Scheine durchzogen; dagegen erblickt man im Bogen ſelbſt fortwährend Feuerſtreifen von lebhaftem Glanze, welche äußerlich hervorbrechen, den Himmel ſenkrecht durchziehen, wie glänzende Raketen, über den Zenith gehen und ſich in einem kleinen, beinahe kreisförmigen Raume, vereinigen, welcher die Krone des Nordlichts heißt. Nachdem ſich dieſe gebildet hat, iſt die Erſcheinung vollſtändig. Nach einigen Stunden, oder zuweilen ſchon nach einigen Augenblicken nimmt das Licht an Lebhaftigkeit ab. Die Strahlen werden matter und ſeltner, die Krone erliſcht, der Bogen wird matt und endlich erblickt man nur noch unbeſtimmte Schimmer, welche allmählig verlöſchen. So erſcheint das Nordlicht, wenn es in ſeinem vollſten Glanze auftritt; aber häufig ſind der Zuſtand des Himmels oder die atmoſphäriſchen Bedingungen nicht günſtig, oder die Bedingungen, unter denen das Phänomen auftritt, ſind nicht vollſtändig erfüllt; denn nur ſehr ſelten kann man ſelbſt in den Polargegenden das Nordlicht ſo ausgebildet beobachten, wie es oben beſchrieben wurde. Bald bildet ſich die Krone nur unvollſtändig, bald kommt der Bogen nicht ganz zu Stande, oder iſt an einigen Punkten vielfach, bald endlich bemerkt man Wolken, die das Licht unterbrechen, und die ſich an ihren Rändern oder in ihrer Mitte färben und durch tauſend Zufälligkeiten die regelmäßige Geſtalt des Nordlichtes unterbrechen. Häufig kommt es vor, daß der Beobachter in den Polargegenden das Nordlicht gegen Süden erblickt, und ſo wie es am häufigſten in den Gegenden um den Nordpol beobachtet worden, ſieht man es auch auf der ſüdlichen Halbkugel der Erde in der Nähe des Südpols und man kann daher wie von Nordlichtern, ſo auch von Südlichtern ſprechen. Die meiſten Reiſenden, welche in den Polargegenden Nordlichter beobachtet haben, haben die Erſcheinung deſſelben von keinem Geräuſch begleitet gefunden, auch wenn dieſelbe in vollſter Pracht auftrat; indeß verſichern auch Einige ein ſolches Geräuſch wahrgenommen zu haben und die Zeugniſſe der Bewohner derjenigen Gegenden, in welchen die Nordlichter zu den gewöhnlichen Erſcheinungen gehören, ſtimmen darin überein, daß dieſelben zuweilen von einem Geräuſche be=

gleitet ſind. Es iſt aber wahrſcheinlich, daß das Geräuſch welches in gewiſſen Fällen wahrgenommen worden, nicht dem Nordlichte eigenthümlich war. Gewöhnlich iſt das Nordlicht mit einer Witterungsänderung verknüpft, und dieſe verurſacht ein Springen, Reißen und daher Kniſtern, Platzen, Krachen des Eiſes. Bedenkt man noch, wie eine ſo großartig ſchreckliche Erſcheinung wie das Nordlicht das Gemüth unmittelbar afficirt, (ſogar die Thiere überkommt Angſt), wie dabei alle Sinne des Menſchen reizbar geſpannt ſind, ſo iſt nichts erklärlicher, als daß jenes in kalten Gegenden ſehr häufige Geräuſch während eines Nordlichtes vorzugsweiſe wahrgenommen und mit dem Phänomen ſelbſt urſachlich verknüpft wird.

Es iſt von Intereſſe die Berichte der Beobachter ſelbſt über die Erſcheinung des Nordlichtes unter verſchiedenen Breiten zu leſen. Zu den älteren Beſchreibern gehört Maupertuis, der ſeine Beobachtungen (zu Ofwer Torneö 1736) unter dem Polarkreiſe anſtellte. „Sobald die Nächte anfangen dunkler zu werden, ſieht man den Himmel durch Feuer von tauſend Geſtalten und Farben erleuchtet; ſie ſcheinen die des beſtändigen Tages gewohnte Erde für die Abweſenheit der Sonne, die ſich von ihr wendet, entſchädigen zu wollen. Dieſe Feuer ſchränken ſich dort nicht, wie in unſern ſüdlichen Ländern, auf eine beſtimmte Himmelsgegend ein. Zwar ſieht man gegen Norden einen hellen unbeweglichen Bogen, mehrentheils aber ſcheint das Licht den ganzen Himmel ohne Unterſchied einzunehmen. Es fängt zuweilen mit einer Bande von hellem und beweglichem Lichte an, die ihre Enden am Horizonte hat und ſich plötzlich über den ganzen Himmel ausbreitet, als ob nach einer auf den Mittagskreis ſenkrechten Richtung ein Fiſchernetz über ihn gezogen würde. Meiſtentheils vereinigen ſich nach dieſem Vorſpiele alle Lichtmaſſen gegen das Zenith, wo ſie gleichſam die Spitze einer Krone bilden. Oft ſieht man gegen Mittag Bögen, wie wir ſie in Frankreich gegen Mitternacht ſehen, oft erſcheinen ſie gegen Norden und Süden zugleich, und ihre Gipfel nähern ſich einander, indem die Enden ſich entfernen und gegen den Horizont herabſteigen. Ich ſah ſolche entgegengeſetzte Bögen, deren höchſte Stellen ſich faſt im Zenith berührten; oft zeigen ſich auch von beiden Seiten mehre concentriſche Bögen. Alle dieſe Bögen haben ihre Gipfel im Mittagskreiſe, jedoch mit einer weſtlichen Abweichung, welche nicht immer gleich groß und bisweilen unmerklich iſt. Manche Bögen, deren Enden anfänglich gegen den Horizont zu am weiteſten auseinander ſtanden, ziehen ſich bei ihrer Annäherung zuſammen und bilden große Ellipſen, von denen man die größere Hälfte über dem Horizonte ſieht. Man würde kein Ende finden, wenn man alle Geſtalten und Bewegungen dieſes Lichtes beſchreiben wollte.“ — Beſonderes Augenmerk auf die Nordlichter hatten Parry und ſeine Gefährten auf deſſen zweiter Reiſe zu Entdeckung der nordweſtlichen Durchfahrt. Sie mußten bekanntlich auf der Inſel Melville überwintern, und hier erblickten ſie das Nordlicht faſt immer in ſüd-ſüdweſtlicher Richtung. Sabine beſchreibt ein hier beobachtetes Nordlicht wie folgt. „Edwards ſah daſſelbe zuerſt als einen vollkommenen Bogen, deſſen Schenkel faſt nördlich und ſüdlich ſtanden. Als ich aufs Eis ging, war der Bogen

gebrochen; gegen den ſüdlichen Horizont war das gewöhnliche Nordlicht, wie wir es kürzlich in klaren Nächten geſehen hatten, nämlich ein blaſſes Licht, welches hinter einer dunklen Wolke in einer Höhe von 6 bis 12 Graden herzukommen ſchien, ſich mehr oder weniger in verſchiedenen Nächten und zu verſchiedenen Zeiten derſelben Nacht gegen Oſten und Weſten ausdehnte, ohne beſtimmten Mittel- und Halbirungspunkt war, indem der größere Theil und zuweilen der ganze Lichtſchein ſich bald auf der Oſtſeite, bald auf der Weſtſeite des Südpunktes zeigte, ſelten aber am nördlichen Horizonte ſtand oder über den Oſt- und Weſtpunkt des Himmels hinausging. Dieſes ſtimmt mit dem Nordlichte, welches man am gewöhnlichſten in England wahrnimmt, überein, nur daß es dort dem nördlichen Horizonte ſo eigen iſt, wie hier dem ſüdlichen, und zuweilen in Lichtſtrahlen und Funken aufſchießt. Es war bei dieſer Gelegenheit durch keinen außerordentlichen Glanz oder ungewöhnliche Ausdehnung ausgezeichnet, indem der prächtige Theil der Erſcheinung abgeſondert und, wie es ſchien, ganz beſonders war. Der Lichtbogen hatte ſich in unregelmäßigen Maſſen gebrochen, die mit vieler Schnelligkeit nach verſchiedenen Richtungen ſtrömten, immerwährend an Geſtalt und Stärke abwechſelten und ſich von Norden durch Oſten nach Süden erſtreckten. Wenn man annimmt, daß die Oberfläche des Himmels durch eine durch den Meridian gehende Ebene getheilt iſt, ſo war das Nordlicht während der Zeit, daß ich es ſah, auf die Oſtſeite der Ebene beſchränkt und gewöhnlich am lebhafteſten und in größeren Maſſen in O.S.O. Parry und ich machten einander aufmerkſam, daß da, wo das Nordlicht ſehr glänzte, die hindurch geſehenen Sterne etwas trübe waren, obgleich dieſes früheren Erfahrungen widerſpricht.“ Parry fährt dann in der Beſchreibung fort und ſagt: „Die Vertheilung des Lichtes iſt als unregelmäßig und beſtändig wechſelnd beſchrieben worden; die verſchiedenen Maſſen ſchienen ſich jedoch in zwei Bogen ordnen zu wollen, wovon der eine nahe am Zenith und der andere ungefähr in der Mitte zwiſchen dieſem und dem Horizonte hinlief, beide im Allgemeinen eine nördliche und ſüdliche Richtung hatten, aber ſich gegen einander krümmten, ſo daß ihre Schenkel verlängert eine Ellipſe gebildet haben würden. Dieſe Bögen zertheilten ſich eben ſo ſchnell, als ſie entſtanden waren. Einmal war ein Theil des Bogens nahe am Zenith in Windungen gebogen, denen einer ſich bewegenden Schlange gleich, und dieſe waren in ſchneller, wellenförmiger Bewegung, eine Form, die wir zuvor noch nicht wahrgenommen hatten. Das Ende gegen Norden war auch wie ein Schäferſtab gebogen, welches nicht ungewöhnlich iſt. Das von einem Nordlichte entſtehende Licht läßt ſich ſchwer mit dem des Mondes vergleichen, weil die Schatten wegen der allgemeinen Verbreitung des erſtern ſehr ſchwach und undeutlich werden, aber die Wirkung des eben beſchriebenen iſt meiner Meinung nach kaum der des Mondes in der erſten Quadratur gleich; das gewöhnliche blaſſe Licht des Nordſcheins gleicht ſehr dem beim Verbrennen des Phosphors entbundenen. Eine ſehr ſchwache rothe Farbe ward bei dieſer Gelegenheit bemerkt, als das Nordlicht am ſtärkſten war, andere Farben waren jedoch nicht vorhanden. Nach dem Verſchwinden des glänzenden Theiles

des Nordlichtes, welches nahe bei uns zu ſein ſchien, blieb nur noch das gewöhnliche Licht am Horizonte.“ — Bemerkenswerth ſind ferner die Beobachtungen, welche Wrangel unter 69° bis 72° N Br. an den Küſten des ſibiriſchen Eismeeres gemacht und beſchrieben hat. „Am nördlichen Horizonte, wenn er unbewölkt iſt, zeigt ſich ein heller und farbenloſer Streifen in Form eines Kreisſegments, deſſen horizontale Weite anfänglich nur 20°, ſpäter aber bis 80° und mehr einnimmt, und deſſen ſcheinbare Höhe allmählig 1° bis 6° ausmacht. Das Licht dieſes Segments iſt ruhig und nicht ſo ſtark, als das des Vollmondes. Dann ſchießen von Zeit zu Zeit aus dem Segmente, am häufigſten an der Oſtſeite deſſelben, unruhige und helle Strahlenbündel von unten nach oben und erhalten ſich einige Zeit als bewegliche Säulen, welche ſich, wie nach dem Winde, biegen und krümmen. Dieſe Bewegung iſt eben ſo merklich, als die der Wolken bei ſtarkem Winde. Andere Säulen entſtehen an dem Segmente, als wären ſie von den erſten angezündet. So ſchwingt ſich die ganze Säulenmenge nach einer gemeinſchaftlichen Richtung hin und her; allmählig verſchwinden ſie, eine nach der andern, nach zwei bis drei Minuten. Zuweilen erzeugen ſich ſolche Säulen von ſtärkerem Lichte als das Segment in dieſem Segmente ſelbſt, deren einige nicht über daſſelbe hervorragen, andere aber ſehr hoch herauf ſchießen. Der Glanz aller dieſer Säulen iſt merklich ſtärker, als der des Segments, aus welchem ſie zu entſtehen ſcheinen. Nachdem dieſes Entſtehen und Verſchwinden eine ſehr unbeſtimmte Dauer gehabt hat, verſchwinden die Säulen ganz, und dann auch das bläſſere Segment; wenn aber die Säulen ſehr unruhig geweſen ſind, verſchwindet oft die regelmäßige Figur des ruhigen Scheins und es bilden ſich unregelmäßige krumm- und geradlinige Lichtfiguren, bald zuſammenhängend, bald getrennt, die einige Zeit (eine Viertelſtunde, auch länger) ſich erhalten, bläſſer werden und dann ganz verſchwinden.“

In unſeren Gegenden war am 7. Januar 1831 ein ausgezeichnetes Nordlicht ſichtbar, welches zugleich an den verſchiedenſten Orten Europas beobachtet wurde, welche Beobachtungen dann Poggendorff zuſammengeſtellt hat. Nur das Merkwürdigſte iſt in folgender Darſtellung (von Muncke) aufgenommen. „Unter allen in mittleren Breiten neuerdings beobachteten Nordlichtern war keins ſo ausgezeichnet durch ſeine Vollſtändigkeit, ſeinen außerordentlichen Lichtglanz, unglaublich weite Verbreitung und ungewöhnlich lange Dauer, als das vom 7. Januar 1831, jedoch vervollſtändigen die ſehr vielen Beobachtungen deſſelben nur wenig dasjenige, was bereits durch Mairan darüber mitgetheilt worden iſt. Inzwiſchen dürften nicht ſobald wieder ſo vollſtändige Beobachtungen möglich werden, und es iſt daher nöthig, einige derſelben mitzutheilen. Am Abende dieſes Tages, an welchem der Sonnenuntergang in Berlin eine Minute nach 4 Uhr fiel, erhoben ſich nach dem Berichte des Salinendirectors Senff in Colberg nach halb 6 Uhr genau am nordöſtlichen und nordweſtlichen Horizonte zwei röthliche Wolkenſtreifen, die einander entgegenzogen und kurz vor 6 Uhr ein vollſtändiges, anſcheinend aus dunkeln Wolkenmaſſen beſtehendes Kreisſegment bildeten, während der einſchließende Bogen oben ganz weiß war, nach beiden Seiten hin aber

röthlich, faſt roſenroth, dann purpurfarbig, und ganz unten durch Violett in Schwarzblau überging. Die Lebhaftigkeit dieſer Farben, war aber im Anfange der Erſcheinung am ſtärkſten. Aus der Mitte dieſes Segments ſtiegen bisweilen parallele Lichtſtreifen nach dem Zenith auf, ihr Licht war aber jederzeit matter als das des Saumes und nach obenhin röthlich. Gegen 6 Uhr 30 Min. erhoben ſich faſt genau im W. und im O. zwei blendendweiße Lichtſtreifen, doppelt ſo breit als der Saum des Kreisbogens, aber mit geringer Erhebung. Die Lebhaftigkeit ihres Lichtes wechſelte ab, bis ſich kurz vor 7 Uhr der weſtliche Streif mit vollem Glanze erhob, im Bogen nach dem Zenith und über daſſelbe hinweglief nach dem öſtlichen Streifen, der ihm dabei entgegen kam, und ſich mit demſelben zu einem zweiten bedeutend breiten Kreisbogen verband, welcher ſo glänzend ſtrahlte, daß die Erde durch ihn merklich erleuchtet ward. Die Bildung dieſes zweiten Bogens, gegen welchen der Glanz des erſten verſchwand, dauerte kaum 30 Sec.; er beſtand nur etwa zwei Min., und hiermit endigte die ganze Naturerſcheinung, indem nach und nach jede Stelle des Himmels dunkelte, ſo daß 15 Minuten nach 7 Uhr gar nichts mehr zu ſehen war. — Zu Brakel im Paderbornſchen erſchien gegen 6 Uhr im Weſten ein heller, blendender Schein, wie ein entſtehendes Feuer, welcher ſich ſchnell nach Oſten in Form eines Regenbogens hinzog und die Gegend ſo ſtark erleuchtete, daß man ohne Anſtrengung Gedrucktes leſen konnte. Der Bogen war oben etwas platt gedrückt, man ſah die größeren Sterne deutlich durch denſelben und er verſchwand eben ſo ſchnell, als er entſtanden war, wobei er jedoch im W. und O. einen hellen Schein zurückließ. Nach etwa drei Minuten entſtand der Bogen wieder, jedoch höher, ſo daß er durch das Zenith ging, verſchwand wieder und erzeugte ſich nach etwa 10 Minuten abermals, aber jetzt im Rücken der nach Norden gerichteten Beobachter. Während der Entſtehung dieſer Bogen wurde das Nebelgewölk im Norden erhellt, ſchoß röthliche, radienförmige Strahlen empor, welche zunehmend mehr divergirten und höher zum Zenith hinaufſtiegen, mit verſchiedenem Farbenſpiele und ungleicher Intenſität des Lichtes wechſelten und im Ganzen ſich vom nordöſtlichen zum nordweſtlichen Horizonte hinzogen. Klöden in Berlin ſah erſt nach 6 Uhr das dunkle Segment im Norden, über welchem etwas mehr weſtlich ein Lichtbogen von etwa 20° größter Höhe über dem Horizonte ſich erhob. Das gelblich weiße Licht der Zone war ſtets etwas fluctuirend, es bildeten ſich mehre ſolche Lichtbogen, die vom öſtlichen u. weſtlichen Horizonte ihren Urſprung nahmen, mit wechſelnder Stärke ſich bis in das Zenith zogen, ja bei 45 Graden ſüdlich von demſelben erſt verſchwanden und oft ſtark erleuchteten feinen Wölkchen glichen. Unterdeß ſtiegen vom nördlichen und nordweſtlichen, ja vom nordöſtlichen bis zum weſtlichen Horizonte Strahlen empor, meiſtens von hellweißer Farbe, deren Ränder am hellſten waren und die von dem Segmente aus das Zenith oft ſchneller als in einer Minute erreichten. Gleichzeitig mit dieſen zeigte ſich am nordöſtlichen, nördlichen und nordweſtlichen Himmel bis etwa 50° Höhe über dem dämmerungsartigen weißen Segmente ein prachtvolles rothes Licht, welches in einzelnen Partieen am

Himmel zerſtreut und am Rande verwaſchen war, auch von den aufſteigenden Lichtſtrahlen durchbrochen wurde. Nach halb 8 Uhr erhob ſich oberhalb des bis etwa 10° über dem Horizonte niedergeſunkenen Dämmerungslichtes eine im Oſten und Weſten ihre größte Stärke zeigende glänzende rothe Zone, welche dem Widerſcheine einer entfernten Feuersbrunſt glich, und allmählig dem Zenithe ſich nähernd über die Hälfte des Horizontes einnahm. In dieſer ſtiegen zuweilen Lichtſäulen empor, und das Dämmerungslicht erſchien gelblich grün. Ein Viertel nach 9 Uhr ermattete dieſes rothe Licht und gegen 11 Uhr erhob ſich ein Nebel, durch deſſen Lücken man bloß den nördlichen Dämmerungsſchein erblickte. — Das dunkle Segment und das rothe Licht wurden ſehr deutlich auch in Gotha und Marburg beobachtet, in Heidelberg war letzteres vorzüglich ausgezeichnet, in Wien beobachtete man bloß das mehr öſtlich liegende Segment und einige aus deſſen begrenzendem Lichtbogen aufſteigende Strahlen. Egen in Elberfeld ſah nach 6 Uhr den bald höher ſich hebenden, bald tiefer hinabſinkenden, von Weſten nach Oſten ſich erſtreckenden und ein dunkles Segment begrenzenden Lichtſchein, um 8 Uhr aber zwei von beiden Seiten des magnetiſchen Nordens gleich weit abſtehende, ſich mehr erhebende Lichtbögen, die ſich zuletzt in Lichtſäulen auflöſten, zuweilen ſtärker wurden und in größerer Höhe roth gefärbt waren, begleitet von einzelnen Flecken rothen Lichtes und partiellen Strahlen an den verſchiedenen Theilen des Horizontes von Weſten nach Oſten. Die Erſcheinung dauerte bis nach Mitternacht, das Licht erſchien ruhig und nicht flackernd. — In Utrecht geſtattete der ſehr heitere Himmel eine durch van Molt angeſtellte genaue Beobachtung. Hiernach ſtand ein heller, etwa 12° breiter Bogen von S.W. nach N.O. von überall gleich hellem Lichte; nördlich von dieſem bildete ſich dann aus zwei vom Horizonte aufſteigenden und einer in der Mitte zwiſchen beiden entſtandenen Lichtſäule, die ſich vereinigten, ein zweiter, welche beide mit ſchönem hellen Lichte ſtrahlten, auch fehlte im Norden das dunkle Segment und der daſſelbe einſchließende Lichtbogen nicht, aus welchem helle Säulen bis ins Zenith emporſtiegen. Gegen 9 Uhr wurde die ſogenannte Nordlichtskrone (Pavillon) im Zenith wahrgenommen, aus welcher nach Südweſt, Nordoſt und Nordweſt prächtig flammende Streifen herab hingen. Unterdeß ſtieg eine wolkenähnliche, vorn runde und hinten mit einem zugeſpitzten Schweife verſehene Lichtmaſſe von N.O. zum Zenith hinauf, bei dieſem vorbei und verſchwand in S.O., die Krone erlöſchte bald, nach 10 Uhr war bloß noch der Lichtbogen in N.W. ſichtbar, welcher bis gegen Mitternacht dauerte. Röthliche Wolken wurden dort, eben wie in Paris, und am letzteren Orte auch grünliche Stellen beobachtet. — Es iſt gewiß nicht überflüſſig, auch von den in England gemachten Beobachtungen das Wichtigſte mitzutheilen. In Gosport ſah Burney um 5 Uhr 15 Min. einen Lichtbogen von 10° Höhe und 70° Chorde, welcher zunehmend heller und größer wurde, ſo daß er nach 15 Min. ſchon den Raum von Weſten bis 55° öſtlich vom Meridiane, alſo 145°, einnahm. Von dieſem ſtieg eine Lichtſäule bis 35° empor, und gleich darauf bildete ſich ein ſchöner, regenbogenartiger Bogen da-

durch, daß plötzlich von O.N.O. und S.S.W. Streifen aufſtiegen, die ſich 10° ſüdlich vom Zenith begegneten. Um 5 Uhr 35 Min. theilte ſich dieſer Bogen etwas öſtlich vom Scheitel und die langen Streifen, aus denen er beſtand, gingen in hellen Stücken, leuchtenden Wolken ähnlich, langſam nach Süden, zwei nach S O. und eins nach S.W. Bald nachher bildete ſich eben daſelbſt ein neuer Bogen, welcher ſüdlich fortrückte, über den Mars, der in 45° Höhe und nahe am Zenith ſtand, hinaus, bis er verſchwand, während der Bogen um das Segment im Norden ſtieg, aber zugleich faſt erloſch. Nach 6 Uhr erhoben ſich am nordöſtlichen und nordweſtlichen Horizonte Lichtſäulen von ungleicher Länge und Breite, deren einige Farbenſpiel zeigten, und durch das Zenith gingen; der Bogen im Norden ſtieg und ſank zugleich abwechſelnd und es erhoben ſich aus ihm mehre karmoiſinrothe Säulen von ausgezeichneter Schönheit, zwiſchen 7 und 8 Uhr aber erlangte das Nordlicht ſeine größte Schönheit, indem es über zwei Drittheile des ganzen Himmels einnahm und die verſchieden geformten und mannigfach wechſelnden, roth, orangenfarben, karmoiſin, grün und purpurfarben gefärbten Säulen mit dem reinen Blau des Himmels und dem funkelnden Lichte der Sterne einen auffallenden Contraſt bildeten. Die Erſcheinungen wiederholten ſich noch einigemale in geringerer Stärke, der Nordlichtbogen, aus dem noch abwechſelnd Säulen aufſtiegen, ſank allmählig tiefer, hatte um 1 Uhr noch etwa 6° Höhe, aber bis 2 Uhr ſah man noch einzelne ſchwache Lichtblitze. In Woolwich beobachtete Sturgeon zuerſt den einen Bogen, es bildete ſich jedoch nach einer Stunde in einer größeren Höhe ein zweiter, ihm concentriſcher, welche im Verlaufe der Zeit ungleiche Höhen, nie aber mehr als 21° erreichten. Die Enden beider verloren ſich anſcheinend in einer dunklen Wolke; aufſteigende Lichtſäulen wurden gleichfalls beobachtet, und namentlich zeigten ſich ſolche auch in dem dunkleln Segmente; einmal ſogar verſchwand dieſes Segment völlig und der ganze öſtliche Horizont war erleuchtet, es ſtellte ſich jedoch wieder her, und ſo wurde die Erſcheinung bis 12 Uhr beobachtet. Den von Burney geſehenen ſüdlichen Bogen erwähnt Sturgeon nicht, wohl aber geſchieht dieſes durch Chriſtie zu Blackheath bei Greenwich. — Vorzüglich wichtig ſind die Beobachtungen aus Skandinavien. Svanberg in Upſala erblickte erſt 20 Min. nach 6 Uhr einen ſchwachen Schein im Norden, dagegen zeigte ſich ihm das Phänomen in hohem Glanze am ſüdlichen Himmel, wo eine rothe Säule in W. S.W. den Horizont berührte, deren Endſpitze mit den Spitzen anderer in W. und S. aufſteigenden Säulen in 70°,3 Höhe die Krone bildete. Sie hatte nur eine augenblickliche Exiſtenz, indem die ſie erzeugenden Säulen ſich in einen länger dauernden Bogen formirten. Auch in Stockholm ſah Rubberg das dunkele Segment mit ſeinem 20° bis 30° über den Horizont erhabenen Lichtbogen, von welchem keine Säulen, ſondern nur flackernde Lichtwolken aufſtiegen. In Kila ſah man um 6 Uhr 15 Min. am nördlichen Himmel ein Wolkenbette, von welchem eine Menge Strahlen ausgingen, am ſüdlichen ſtand zugleich ein dunkler Wolkengrund mit einem leuchtenden Nimbus. Durch die Mitte des Himmels, etwas ſüdlich vom Zenith, ging ein ſchöner, rother Licht=

bogen vom weſtlichen zum öſtlichen Horizonte, unten doppelt ſo breit als ein Regenbogen, oben ſchmaler, mit einer ſtrahlenden, etwas feuergelblichen und helleren Glorie (einer Krone), welcher ſich wohl eine Stunde erhielt. Während ſeines allmähligen Abnehmens ſchoſſen Strahlen von allen Gegenden nach dem Zenith hin, ſo daß um 8 Uhr der ganze Himmel mit dem Nordlichte bedeckt war. Lieutenant Johnſon in Chriſtiania, ein Schüler von Hanſteen, hat das Phänomen dort nicht bloß genau beobachtet, ſondern auch durch eine Zeichnung den Anblick deſſelben verſinnlicht. Um 6 Uhr Abends ſprang dort der ſchwache nördliche Wind nach einem heitern Tage plötzlich nach W. oder W.S.W. um, der Himmel bewölkte ſich und es fiel ſo viel Reifſchnee, daß die Straßen glatt mit Eis überzogen wurden. Plötzlich zeigte ſich ein heller ellipſenförmiger Streif von W.S.W. durch das Zenith nach O.N.O., oben etwa 60° breit, an der Südſeite durch die ſchon am Tage beobachtete Schneebank, ein finſteres, entfernten ſchwarzen Bergen ähnliches Gewölk, an der Nordſeite durch eine Nordlichtbank begrenzt, aus welcher ein weißes Flammenmeer bis zur Höhe der Caſſiopea hervorſtrömte. In der großen Axe der Ellipſe lag ein mit Regenbogenfarben prangender Bogen, welcher mit beiden Schenkeln den Horizont berührte, am Zenith etwa 2°, unten gegen 9° breit war und in der Mitte die einer Glorie oder matten Sonne ähnliche Krone bildete, aus welcher Strahlen nach allen Seiten fuhren. Unter den ſtärkſten Farben, dem Gelb, Violett und Roth, war die letztere vorherrſchend, fiel oben am Bogen ins Weißliche, näher am Horizonte ins Dunkele, ſo daß es einer nächtlichen Feuersbrunſt glich. Der Bogen ſtand eine halbe Stunde, dann vertheilte ſich die Krone, demnächſt von Weſt her allmählig der Bogen, das Nordlicht blieb im S. noch als weißliche Wolken, dann bezog ſich um halb 7 Uhr etwa der Himmel mit Wolken und der Wind aus W. hörte auf.

Bei Gelegenheit der angeführten Beſchreibungen macht Hanſteen aus einer Reihe von Nordlichtsbeobachtungen, die er vom Juli 1830 bis zum Mai 1831 zu Chriſtiania anſtellte, folgende allgemeine intereſſante Schlüſſe:

1) „Wiewohl die kurzen Tage in den Monaten November, December, Januar und Februar die Beobachtungen des Nordlichtes begünſtigen, ſieht man es doch häufiger in den Zeiten der Tag- und Nachtgleiche oder bald nach derſelben, als in andern Zeiten des Jahres. Dieſes hat ſchon Mairan bemerkt, und ſtimmt auch mit meinen mehrjährigen Erfahrungen überein. Die zu der Zeit anfangende Erwärmung oder Abkühlung der Polargegenden muß wohl die Urſache davon ſein.“

2) „Während aller Nordlichter um die Frühlings-Tag- und Nachtgleiche 1830, bis zu Ende des Jahres, waren die Bewegungen der Magnetnadel faſt ausſchließlich nach Oſten gerichtet; bei den Nordlichtern 1831 waren öſtliche Bewegungen ſelten, weſtliche dagegen die allgemeinſten und ſehr groß. Sollte man hierin vielleicht einen Gegenſatz finden, da der Nordpol in der Herbſt-Tag- und Nachtgleiche abgekühlt, in der Frühlings-Tag- und Nachtgleiche erwärmt wird?“

3) „In den letzten 10 bis 12 Jahren hat die Häufigkeit des Nordlichtes ſehr zugenommen, und ſo häufig, wie um dieſe beiden letzten Tag- und Nachtgleichen habe ich es ſelbſt in meinen Kinderjahren, d. i. ſeit 1793, hier in Chriſtiania nicht geſehen. Es iſt klar, daß wir jetzt am Anfange einer neuen Nordlichtperiode ſtehen. Die vorige fing 1707 mit dem merkwürdigen Nordlichte an, welches der berühmte Ole Römer den erſten Februar in Kopenhagen beobachtete (einige wenige ſchwache waren jedoch einige Jahre früher von ihm bemerkt worden), war um 1752 am ſtärkſten und hörte um 1790 auf, worauf eine Pauſe von etwa 20 bis 25 Jahren eintrat, während welcher nur im hohen Norden Nordlichter, und noch dazu ſchwache geſehen wurden.“

„Von ſolchen Perioden habe ich geglaubt ſeit dem Jahre 502 v. Chr. Geburt bis auf unſere Zeit 24 nachweiſen zu können, von welchen beſonders die neunte, von 541 bis 603, die zwölfte von 823 bis 887, die zwei und zwanzigſte von 1517 bis 1588, und die vier und zwanzigſte von 1707 bis 1788 ſich durch ungewöhnlich ſtarke und häufige Nordlichter auszeichneten.“

„Die größte unordentliche Bewegung der Magnetnadel bei einem Nordlichte, innerhalb 24 Stunden, iſt von Wargentin zu 5°, und von Wilcke ſogar zu 5° 30′ beobachtet worden. Während des ſtarken Nordlichtes am verwichenen 19. April durchwanderte die Nadel hier in Chriſtiania von 10^h 44′ bis 11^h 31′ einen Bogen von 6° 12′.“

Sehr ſelten ſind Nordlichter am Tage beobachtet worden, doch hat ſich auch dieſes ereignet. So z. B. ſollen am 9. Septbr. 1827 in England nach einem vorausgegangenen Regen um Mittag ein 20° hoher Nordlichtbogen und leuchtende aus ihm aufſteigende Säulen an einem klar gewordenen Theile des Himmels geſehen worden ſein. Die Zeugniſſe der Naturforſcher über das Auftreten des Nordlichtes ſtimmen dahin überein, daß es eine der Nacht angehörige Erſcheinung ſei, welche in der Regel erſt ein paar Stunden nach Sonnenuntergang auftrete, gewöhnlich nur in der erſten Hälfte der Nacht leuchte, und jedenfalls vor Sonnenaufgang verſchwinde.

Innerhalb der heißen Zone ſind die Nordlichter, ſoweit die Nachrichten reichen, niemals wahrgenommen worden; in den gemäßigten Zonen gehören ſie zu den ſeltenen Erſcheinungen, werden aber häufiger, je mehr man ſich dem Polarkreiſe nähert und dort ſind ſie gewöhnlich. In Portugal wurde noch das große Nordlicht vom 19. Octbr. 1726 wahrgenommen. Schon häufiger ſind Nordlichter in Italien beobachtet worden, doch immer als große Seltenheit. Höchſt merkwürdig iſt aber, daß jenſeits des Polarkreiſes die Nordlichter wieder abzunehmen ſcheinen. So berichtet Gieſeke, und nach Buch ſind in Lödingen, welches jenſeit des Polarkreiſes liegt, die Nordlichter ſelten. Im Allgemeinen ſcheinen die Nordlichter in Nord-Amerika weit häufiger zu ſein, und ſich tiefer herab zu erſtrecken, als in Europa und Aſien. Vom Jahre 1829 hat Arago 22 in Nord-Amerika ſichtbare Nordlichter gezählt, obſchon man annehmen muß, daß ihm bei weitem nicht alle bekannt geworden, während in dem mit Beobachtern überſäten Europa nur 19 Nordlichter wahrgenommen wurden. Aufklärung gewähren die

auf Parrys Reiſe gemachten Beobachtungen. Derſelbe ſah die Nordlichter unter 75° N.Br. im Süden und auf ſeiner Rückreiſe nach 61° 11′ N.Br. gingen dieſelben allmählig in den Norden über, ſo daß unter dieſer Breite ein Nordlicht nordweſtlich vom Zenith erſchien. Die Nordlichter ſcheinen alſo einen eigenen Strich zu haben und Parry hatte dieſen auf ſeiner Reiſe durchſchnitten. Durch die erſte Entdeckungsreiſe von Roß wurden dieſe Beobachtungen beſtätigt. Aus der genauen Vergleichung aller hierher gehörigen Nordlichtbeobachtungen macht nun Muncke den allgemeinen Schluß: Die eigentliche Linie der in der Regel täglich ſich entzündenden Nordlichter, abgeſehen von ſpeciellen örtlichen Einflüſſen, fängt in etwa 90° w. L. von Greenwich, unter 60° w. Br. an, läuft mit allmählig wachſender nördlicher Breite durch die Baffinsbai, die Spitze vor Grönland, über Island und die nördlichen Theile von Spitzbergen bis etwa zum 40. Grade ö. L. von Greenwich, wo ſie ihren höchſten nördlichen Punkt erreicht, kehrt dann langſam abnehmend durch das ſibiriſche Eismeer und oberhalb der Beringsſtraße allmählig zu ihrem Anfangspunkte zurück. Hierzu bemerkt Muncke: „Es trifft alſo mit andern auf den Erdmagnetismus bezüglichen Eigenſchaften der Nordlichter zuſammen, daß ihre Hauptplätze oder Hauptſitze die beiden magnetiſchen Pole der Erde umlagern. Auf dieſer ihrer eigentlichen Linie ſind ſie allerdings am zahlreichſten, aber es folgt daraus nicht, daß ſie dort zugleich am hellſten und glänzendſten ſein müſſen, womit mir die Erfahrung zu harmoniren ſcheint. Von dieſer Linie aus verbreiten ſie ſich nach niedern und höheren Breiten, im Allgemeinen möchte ich annehmen bis zu 10 Breitengraden mit abnehmender Menge. Wie weit ſie herabwärts in außerordentlichen Fällen ſteigen, dafür ſind oben Beiſpiele (Portugall und Italien) angeführt worden, für die höheren Breiten aber fehlen uns die erforderlichen Nachrichten, inzwiſchen glaube ich aus theoretiſchen Gründen und ſoweit die mangelhaften Erfahrungen ein Urtheil hierüber zulaſſen, annehmen zu dürfen, daß ſie nach höheren Breiten hin minder zahlreich werden und mitten zwiſchen beiden magnetiſchen Polen gänzlich fehlen. Uebrigens folgt keineswegeS, daß jedes derſelben einen Theil dieſer Zone nach ihrer ganzen Breite einnimmt, vielmehr erſcheinen ſie ſowohl unterhalb als auch oberhalb der angegebenen Linie von ſehr ungleicher Ausdehnung nach der Länge und auch nach der Breite.“

Die Naturforſcher haben ſich viel mit der Frage beſchäftigt, welches die eigentliche Höhe der Nordlichter ſei, und dieſelbe ſehr verſchieden beantwortet. Den Beobachtungen zur Beantwortung dieſer Frage ſtehen indeß mehre Schwierigkeiten im Wege. Erſtens iſt eine Beobachtung der Höhe überhaupt nur bei den Nordlichtern möglich, bei welchen ein ſcharfbegränzter Lichtbogen auftritt. Aber ſolche Bögen treten dann oft mehre auf, und das Merkwürdigſte iſt, daß bei demſelben Nordlichte für den einen Ort nur ein Bogen erſcheint, während man an andern Orten 2 bis 3 concentriſche Bögen erblickt. Die Berechnung der Höhe kann aber nur aus gleichzeitigen Beobachtungen an verſchiedenen Orten geſchehen. Endlich ſtehen aber auch die Lichtbogen nicht ſtill, ſondern dieſelben ſind fortwährend in einer bald ſchnellern,

bald langſamern Bewegung nach dem Zenith und über daſſelbe hinaus. Die Art, wie ſich die Lichtbogen bewegen, iſt ſehr verſchieden. Hood hat Lichtbogen beobachtet, die ſich nahe am Horizont bildeten und ſodann nach dem Zenith aufſtiegen, wobei ſich ihre Theile mit ungleicher Geſchwindigkeit bewegten. Bisweilen gingen ihre höchſten Punkte 60° bis 70° über das Zenith hinaus, ohne daß ihre untern Enden merklich von der Stelle rückten; dagegen wurden zu Cumberland-Houſe zweimal Nordlichtbogen beobachtet, deren untere Enden bis zum Oſt- und Weſtpunkte des Compaſſes kamen, während die Scheitel ſich nur zu 10° über den Horizont erhoben. Indem man früher annahm, daß der eigentliche Sitz der Nordlichter am Pole ſei, und aus ihrer Parallaxe ihre Höhe berechnete, fand Mairan ihre größte Höhe 160 bis 300 Meilen. Nach Bergmann haben ſie eine Höhe von 30 bis 322 Meilen; nach Cavendiſh 50 bis 70 Meilen. Wie unſicher dieſe Beſtimmungen ſind, geht aus der Verſchiedenheit der Reſultate für daſſelbe Nordlicht hervor. So berechnete Gilbert die Höhe des Nordlichtes vom 22. Octbr. 1804 auf 50,8 geographiſche Meilen, während dieſe Höhe nach Andern 177 geographiſche Meilen betrug. Potter berechnete die Höhe des am 12. Decbr. 1830 geſehenen Bogens nach Verſchiedenheit der unſichern Beſtimmungen zu 77, 99 oder 134 engl. Meilen, und Chriſtie berechnet die Höhe des Bogens bei dem Nordlichte vom 7. Jan. 1831 zu 25,7 oder 14,86, oder 4,9 engl. Meilen, wogegen Hanſteen die Höhe des Bogens = 26,3 geographiſche Meilen berechnet. Nach denjenigen Beſtimmungen, welche eine bedeutende Höhe der Nordlichter geben, würden dieſelben nicht innerhalb die Atmoſphäre der Erde fallen, wofür doch ſehr viele Umſtände ſprechen. Viele Beobachter ſetzen die Nordlichter in die Region der Wolken. So behauptet Krafft verſchiedene Male das Nordlicht zwiſchen vielen getheilten Wolken geſehen zu haben. Farquharſon behauptet als Reſultat vieler Beobachtungen, daß die untern Enden der Nordlichtſtrahlen bis zur gewöhnlichen Wolkenſchicht, nämlich bis ungefähr 2000 Fuß über der Erdoberfläche herabgehen, die obern möchten 2000 bis 3000 Fuß höher ſein; aber auf jeden Fall liege die Region derſelben in den Wolken, oder da, wo die Veränderungen der Dämpfe oder Dünſte ſtattfinden. Derſelbe will ſpäter deutlich wahrgenommen haben, daß die Strahlen des Nordlichts nicht höher waren, als die feinſten am Himmel ſchwebenden Wolken. Auch die Reiſenden in den Polargegenden beſtätigen die Bildung der Nordlichter innerhalb der Atmoſphäre. Auf Parrys Reiſe ſah man einen Lichtſtrahl des Nordlichtes zwiſchen dem Beobachtungsorte und dem nur 3000 Schritte entfernten Lande herabſchießen, und Scoresby erzählt, unter 65° n. Br. ſei das Nordlicht ſo tief herabgekommen, daß die Strahlen die Spitze der Maſten zu berühren ſchienen. Auch Franklin ſagt, daß er in mehren Fällen die Höhe des Nordlichts unter den Wolken geſehen habe. Auch Richardſon behauptet in Folge zahlreicher Beobachtungen, daß er das Nordlicht deutlich unter den höhern Wolken und in der Region derjenigen feinen Wolken geſehen habe, welche ſich nicht hoch über der Erdoberfläche zu befinden pflegen.

Gewöhnlich haben die Nordlichtbogen die Geſtalt eines Kreisbogens, oft aber nehmen ſie mehr eine elliptiſche Geſtalt an. So ſagt Hanſteen in Chriſtiania: „Die Erfahrung zeigt, daß der Nordlichtbogen ein Theil eines ganzen leuchtenden Kreiſes iſt, welcher in einer gewiſſen Höhe über der Oberfläche der Erde ſteht; denn hier in unſern hohen nördlichen Breiten ſehen wir ihn bisweilen, wenn ſeine lothrechte Höhe über der Oberfläche der Erde groß, ſein Durchmeſſer aber klein iſt, etliche Grade über dem nördlichen Horizonte in Geſtalt einer ganzen ſehr excentriſchen Ellipſe." Dieſe elliptiſche Geſtalt, in welcher der kreisförmige Nordlichtbogen zuweilen erſcheint, hat ihren Grund in derſelben optiſchen Täuſchung, nach welcher auch das Himmelsgewölbe elliptiſch zuſammengedrückt erſcheint. (S. d. Art. Himmel).

Die Helligkeit des ausgebildeſten Nordlichtes kommt der des Vollmondes nicht gleich, und nur die Großartigkeit der Erſcheinung hat einzelnen Beobachtern ſo imponirt, daß ſie eine übertriebene Beſchreibung von der durch die Nordlichter in den Polargegenden bewirkten Helligkeit gemacht haben. Nach Brewſter iſt die Helligkeit des Nordlichtes im Allgemeinen der des Vollmondes im erſten Viertel gleich, wenn die Sonne einige Grade unter dem Horizonte iſt. Ein Beweis von dem geringen Lichte der Nordlichter iſt, daß man durch die Strahlen hindurch die Sterne erblickt, und zwar nicht allein die erſter und zweiter Größe, ſondern auch kleinere. Scoresby der in ſehr hohen Breiten die Nordlichter beobachtete, ſetzt die Helligkeit derſelben, wenn ſie bis zum Zenith reichen, der des Vollmondes gleich. Nach Parrys ſämmtlichen Angaben über ſeine Beobachtungen auf der Inſel Melville unter 75° n. Br. war das Nordlicht kaum ſo hell als das Licht des Mondes in der erſten Quadratur, die Farbe glich der des erleuchteten Phosphors und ſpielte zuweilen etwas ins Rothe, ſonſt aber war keine Farbe wahrzunehmen. Parry bemerkte, daß auch die ſchwächſten Nordlichtſtrahlen die Sterne ein wenig verdunkelten, gleichſam wie ein dünner vorgezogener Schleier. Auch Franklin fand, daß die größern Sterne niemals bei einem Nordlichte verſchwanden, wohl aber zuweilen die kleineren, wenn die glänzenderen Theile des Nordlichtes unter ihnen hinzogen. Doch gibt es allerdings auch Angaben, welche eine größere Helligkeit der Nordlichter bezeugen. So beſchreibt de la Pilaye die von ihm auf Terreneuve geſehenen Nordlichter ſo hell, daß ihr Licht durch die dicken dort herrſchenden Nebel dringe und einen Schatten bewirke. Auch ſollen die Nordlichter dort zuweilen iriſirend ſein, welches wahrſcheinlich von der Brechung des Lichtes im Nebel herrührt. Am 13. Febr. 1821 wurde zu Fort Entrepriſe unter 64° 30′ n. Br. ein ſehr helles Nordlicht geſehen, obſchon an dem trüben Himmel kein Stern ſichtbar war, und nur die Ränder des Mondes zwei Tage vor Vollmond ſchwach durch die Wolken ſchimmerten. Man könnte hieraus folgern, das Licht des Nordlichtes müſſe das des Mondes bei weitem übertroffen haben, allein bei weitem wahrſcheinlicher iſt, daß das Nordlicht dort der Erde ſehr nahe war, und bis unter die Wolken herab hing.

Es geht aus allen Beſchreibungen hervor, daß der Kreisabſchnitt,

welcher von dem Bogen des Nordlichtes umſpannt wird, ſich durch Dunkelheit auszeichnet. Daher wird er oft als eine ſchwarze finſtere Wolke beſchrieben, während er in der Regel nur der hinter dem Nordlicht ſtehende heitere, ſchwarzblaue Himmel iſt, der nur um ſo dunkler erſcheint, je heller der ihn umgebende Bogen iſt. Daher geſchieht es auch häufig, daß man die Sterne in ihm erblickt, wenigſtens die größeren, wo es dann den Anſchein hat, als ob die Sterne durch die dunkle Wolke hindurch ſchimmerten. So bemerkt Hamilton von dem 1763 geſehenen Nordlichte, daß man die Sterne durch die dickſten zu ihm gehörigen Wolken erblickt habe. Hieraus ſieht man, daß in der That oft nur die Stellen des Himmels, welche durch den Glanz des Nordlichtes am meiſten verdunkelt werden, es ſind, welche von den Beobachtern für Wolken gehalten werden. Horner ſah 1803 zu Schageragt bei einem glänzenden Nordlichte den untergehenden Arcturus mit röthlichem Lichte durch das dunkle Segment. Sehr viele Beobachter haben Aehnliches bei verſchiedenen Nordlichtern beobachtet; noch bei dem letzten großen von 1831 ſah Kries den Stern Wega durch den dunklen Kreisabſchnitt ſchimmern.

Sehr allgemein iſt die Annahme, daß das Nordlicht mit der Witterung im Zuſammenhang ſtehe; doch da ſich das Wetter ſo häufig verändert, ſo kann leicht ein Zuſammenhang erdacht werden, der in der That nicht exiſtirt. Sehr verbreitet iſt die Meinung, daß nach einem Nordlichte der Winter ſtrenger werde. Buch hörte, die niedrigen ſeien Vorläufer von heiterem Wetter, hohe, bewegte, ſtrahlende und flackernde aber Vorboten von Stürmen. Nach Steward ſollen ſie auf den Edwards-Inſeln Sturmwind und Regen verkünden. Daſſelbe hörte Henderſon von den Bewohnern Islands, und fand es beſtätigt. Nach Mairan findet jedoch durchaus gar kein Zuſammenhang zwiſchen den Nordlichtern und der Witterung ſtatt, während Cotte denſelben für entſchieden hält und Thienemann und Wrangel die Nordlichter nur mit der Bildung leichter Wolken in Zuſammenhang ſetzen. Gewöhnlich hat man angenommen, daß die Nordlichter nur bei heiterem Himmel auftreten könnten. Franklin ſagt aber ausdrücklich, daß ſie zu Fort Entrepriſe unter 64° 30′ n. Br. oft bei dunſtigem Himmel entſtehen. Ueberdieß bemerkt Franklin, daß die Wolken zuweilen am Tage die Form von Nordlichtern angenommen hätten, wobei dann auch eine Ablenkung der Magnetnadel beobachtet worden ſei. Die Wolken ſcheinen nur dann die Erſcheinung des Nordlichtes zu verhindern, wenn ſie zwiſchen ihm und dem Auge des Beobachters hinziehen, nicht aber, wenn das Nordlicht ſelbſt ſeinen Ort in ihnen hat. Wahrſcheinlich waren die von Franklin am Tage beobachteten Phänomene wirkliche Nordlichter, die nur wegen des Sonnenlichtes nicht leuchtend erſchienen. Leuchtende Wolken machen wahrſcheinlich ſelbſt Beſtandtheile des Nordlichtes aus. — Sehr bemerkenswerth iſt noch eine Beobachtung Wrangels über das Verhalten der Sternſchnuppen gegen das Nordlicht, die jedoch bis jetzt noch von keinem andern Beobachter beſtätigt worden iſt. Er ſagt: „wenn Sternſchnuppen im Bereiche der Nordlichter erſcheinen, ſo entzünden ſich an der Stelle, wo dieſelben

durchgingen, ſogleich Feuerſäulen, die ſich dann von ihrem Entſtehungsorte ſeitwärts (mit dem Winde) bewegen, und es entſtehen an ihrer Stelle andere Säulen und Strahlenbündel. Daß demnach Sternſchnuppen am Entzünden der Säulen im Nordlichte Antheil nehmen, iſt oft von mir beobachtet worden." Wäre dieſe Beobachtung keine Täuſchung, ſo würde ſie einen neuen Beweis dafür enthalten, daß die Nordlichter (wie die Sternſchnuppen) innerhalb der Erdatmoſphäre entſtehende Phänomene ſind.

Die Phyſiker haben ſich ſehr viel mit der Erklärung des eigentlichen Weſens des Nordlichtes beſchäftigt, ohne bis jetzt zu einer völligen Entſcheidung dieſer Frage gekommen zu ſein. Muſſchenbroek u. a. hielten die Nordlichter für verbrennende Dünſte; Halley meinte, die magnetiſche Materie ſtröme aus jedem Pole leuchtend nach dem entgegengeſetzten. Carteſius u. a. waren der Meinung, das Sonnenlicht werde von flachen Eistheilchen, welche in den Polargegenden bis zu bedeutender Höhe über der Erde ſchweben ſollten, zurückgeworfen. Nach Mairan ſind die Nordlichter Ausſtrömungen der Sonnenatmoſphäre. Euler ſucht ſie aus dem Stoße der Sonnenſtrahlen gegen die Atmoſphäre zu erklären, indem er die Erſcheinung für gleichartig mit den Kometenſchweifen hält. Hamilton, Canton, Franklin u. v. a. haben die Nordlichter für Erſcheinungen elektriſchen Lichtes gehalten, ſeitdem Franklin das matte Licht der Elektricität im luftverdünnten Raume kennen gelernt hatte. Die früheren Annahmen enthalten entweder falſche Vorausſetzungen oder entſprechen nicht der Erſcheinung. Gegen die letztgenannte Theorie hat man eingewendet, daß das Nordlicht nur geringe Aehnlichkeit mit dem elektriſchen Lichte im luftleeren Raume habe (welche Behauptung aber ungegründet iſt), und daß man ſelbſt in den nördlichen Gegenden, wo die Nordlichter zu Hauſe ſind, auch bei ſtarken Nordlichtern keine Spur von Elektricität auch mit den feinſten Elektrometern habe wahrnehmen können. In jenen Gegenden iſt die Luft aber ſehr trocken, und eben durch dieſen Umſtand wird eine elektriſche Entladung (das Nordlicht) in größeren Höhen begünſtigt, während dieſe trockene Luft, wegen ihrer ſtark iſolirenden Eigenſchaft, die vorhandene ſich ausgleichende Elektricität am Elektrometer, auch wenn es ſich in möglichſter Nähe befindet, nicht wahrnehmbar werden läßt. Nach Thienemann (der auf Island beobachtete) ſind daher die Nordlichter elektriſche Entladungen in den feinen Federwolken an derjenigen Grenze des Nordens, wo die Gewitter aufhören. Man hat auch das Geräuſch, welches als begleitende Erſcheinung oft erwähnt wird, auf die elektriſche Entladung bezogen. Von den übrigen Erklärungen der Nordlichter ſind nur noch die von Placidus Heinrich gegebene, welcher das Licht für phosphoriſch hält, welches die durch Inſolation leuchtend gewordenen Eismaſſen von ſich geben ſollen, und die von Kirwan und Parrot aufgeſtellten anzuführen. Dieſe behaupten, daß die flackernden Lichtſäulen des Nordlichtes von verbrennendem Waſſerſtoffgaſe erzeugt würden. Für die elektriſche Natur des Nordlichtes ſpricht aber am lauteſten ihr Einfluß auf die Magnetnadel, von dem im Art. Neigung der Magnetnadel S. 31 u. 36. geſprochen worden, und welcher durch

die elektromagnetiſchen und magnetoelektriſchen Erſcheinungen erklärt wird. Nach den (in den Art. Elektromagnetismus und Magnetoelektricität nachzuleſenden) neueſten Erfahrungen iſt jedes Phänomen, welches als elektriſch erwieſen iſt, damit auch als magnetiſch dargethan und umgekehrt. Nimmt man den Magnetismus der Erde als Folge der die Erde umziehenden elektriſchen Ströme an, ſo läßt ſich hiermit ſehr wohl eine von Hanſteen gemachte Beobachtung vereinbaren, nämlich, daß die Nordlichter dann aufzutreten pflegen, wenn die Intenſität des Erdmagnetismus zu einer ungewöhnlichen Höhe geſtiegen iſt, und daß dieſe Intenſität während der Entwickelung des Polarlichtes bedeutend geſchwächt zu werden ſcheint.

O.

Ohr. Dieſes Organ iſt paarig und liegt am mittleren Theile der Seitenflächen des Kopfes in gleicher Höhe mit der Naſe, größtentheils in den Schläfenknochen des Schädels tief vergraben. Es beſteht aus mehrern von außen nach innen und vorn in horizontaler Richtung an einander liegenden Gebilden, die durch Gewebe und äußere Geſtalt von einander ſehr verſchieden ſind, und eine Reihe von gewundenen Gängen und Höhlen darſtellen, in welchen die Schallwellen nacheinander aufgenommen, concentrirt und fortgeleitet werden, bis ſie die Ausbreitung des Gehörnerven erſchüttern. Das ganze Gehörorgan bietet drei Abtheilungen dar: eine äußere, mittlere und innere.

1) Zu der äußern Abtheilung gehört der von der Haut bedeckte Ohrknorpel mit ſeinen bewegenden Muskeln, der Gehörgang und das Trommelfell. Sie hat vorzugsweiſe nur die Beſtimmung, die Schallwellen aufzunehmen und zu concentriren. Der Ohrknorpel liegt äußerlich, gleicht in Hinſicht ſeiner Geſtalt einer Muſchel, iſt durch ſeine Wurzel mit dem Schläfenbein verbunden und mit mehrern Erhabenheiten und Vertiefungen verſehen. An ſeinem Rande wird er durch eine nach außen gerichtete Umbiegung, die Ohrleiſte, begrenzt, welche eine mit ihr concentriſch verlaufende Erhabenheit, die Gegenleiſte einſchließt. Die Gegenleiſte entſteht mit zwei Schenkeln und endigt ſich über dem Ohrläppchen in einen kleinen Vorſprung, welcher die Gegenecke genannt wird. Unter dem vordern Ende der Leiſte und vor der Gegenecke findet man eine abgerundete, knopfförmige Erhabenheit, die Ecke, welche eine Art Klappe über den Gehörgang bildet. Am untern Ende des Ohrknorpels ſieht man das Ohrläppchen, welches ein weicher, keinen Knorpel einſchließender Anhang iſt. Zwiſchen der Leiſte und Gegenleiſte verläuft eine Furche, die kahnförmige Grube, mit der ſich eine zwiſchen den Schenkeln der Gegenleiſte befindliche Vertiefung, die ungenannte Grube kurz vor ihrer Endigung verbindet. Zwiſchen der Ecke und Gegenecke bemerkt man den Einſchnitt des Ohrs und vor dem ausgehöhlten Rande der Gegenleiſte eine beträcht-

liche Vertiefung, die Ohrmuſchel, welche durch die Fortſetzung der Leiſte in zwei Hälften abgetheilt wird und an deren vorderem Theile man die Oeffnung des äußeren Gehörganges ſieht. Dieſes ſind die Gegenſtände an der äußern Fläche des Ohrknorpels; die entgegengeſetzte Fläche iſt convex und an ihr ſind die Vorſprünge der Ohrmuſchel, der Leiſte und Gegenleiſte am meiſten bemerkbar. — Der Ohrknorpel wird durch mehre Muskeln, die ſich an ihn anheften, verſchiedentlich bewegt und geſpannt. Dahin gehören der Heber, der Vorwärtszieher und die zwei bis drei Rückwärtszieher des Ohrs. Die Muskeln, welche einzelne Theile deſſelben bewegen und einander nähern, ſind der große und kleine Leiſtenmuskel, der Muskel der Ecke und Gegenecke und der quere Ohrmuskel. — Der Gehörgang beginnt in der Ohrmuſchel, geht nach innen und wird hinten durch das Trommelfell geſchloſſen. Die äußere Hälfte iſt knorplig und bildet den knorpligen Gehörgang, die innere Hälfte iſt im Schläfenbein befindlich und bildet den knöchernen Gehörgang. Beide Hälften ſind durch Zellgewebe mit einander verbunden, werden inwendig mit einer Fortſetzung der Haut des äußern Ohrs, die ſich blind im Grunde endiget, indem ſie das Trommelfell überzieht, ausgekleidet, und ſind mit einer Schicht von Talgdrüſen, den Ohrenſchmalzdrüſen, welche eine gelbliche, bittere, ölige Feuchtigkeit, das Ohrenſchmalz abſondern, verſehen. Außerdem iſt der Gehörgang nach außen mit Haaren beſetzt. Dieſer Kanal variirt hinſichtlich ſeiner Länge bei verſchiedenen Individuen von 12 bis 18 Linien; ſeine Weite nimmt, je mehr er ſich ſeinem Ende nähert, allmählig ab. Sein Durchſchnitt iſt mehr elliptiſch als kreisförmig und ſein Durchmeſſer geht ſchräg nach unten und hinten. Er verläuft nicht in gerader Linie, ſondern iſt gewunden; er nimmt ſeine Richtung von außen nach innen und von hinten nach vorn, indem er zugleich eine leichte Krümmung mit nach oben gerichteter Wölbung bildet. Seine untere Wand iſt länger als die obere, denn er endet mit einem ſchrägen Abſchnitt, welcher durch das Trommelfell verſchloſſen iſt, und zwar dergeſtalt, daß dieſe Haut mit dem Kanal nach oben einen ſtumpfen und nach unten einen ſpitzen Winkel bildet. — Das innerſte Ende des knöchernen Gehörganges iſt mit einem kreisförmigen Falz verſehen, in welchem das Trommelfell, die Scheidewand zwiſchen dem äußern und mittlern Theil des Ohres, ausgeſpannt iſt. Es iſt eine dünne, faſerige, elliptiſch-herzförmige, gegen den Gehörgang zu concave, auf der entgegengeſetzten, der Trommelhöhle entſprechenden, Fläche gewölbte, ſchräg nach außen und nach innen gerichtete Haut, welche aus drei Lagen beſteht und durch den Handgriff des Hammers mit der in der Trommelhöhle befindlichen Kette der Gehörknöchelchen in Verbindung geſetzt iſt.

2) Die mittlere Abtheilung des Gehörorgans begreift die Trommelhöhle, die Zellen des Zitzenfortſatzes die Euſtacchiſche Röhre und die Gehörknöchelchen nebſt ihren Muskeln in ſich. Die Trommelhöhle ſtößt unmittelbar an den äußern Gehörgang u. befindet ſich in dem Schuppen- und Felſentheil des Schläfenbeins. Ihre Geſtalt, obgleich unregelmäßig, nähert ſich der ſphäriſchen. Sie iſt ziem-

lich gleich lang und breit, doch nicht in allen Richtungen gleich tief. An der untern Wand findet man nach vorn die Glaſerſche Spalte, durch welche die Sehne des vordern Hammermuskels und die Trommelſaite dringt. Die äußere Wand wird größtentheils durch das Trommelfell gebildet. An der innern Wand im obern Theile ſieht man das ovale oder Vorhofsfenſter, eine längliche Oeffnung, welche dem Trommelfell parallel liegt, im friſchen Zuſtande durch das Grundſtück des Steigbügels verſchloſſen wird und die Trommelhöhle mit dem Vorhofe verbindet. Ueber und hinter dieſer Oeffnung findet man eine längliche Erhabenheit, welche durch den darin befindlichen Faloppiſchen Gang gebildet wird. Unter dem ovalen Fenſter ſieht man das Vorgebirge, eine hinten ſpitz zulaufende Erhabenheit, unter welcher der Anfang der Schnecke und ein Theil des Vorhofs liegt. Weiter nach unten vom eirunden Fenſter, unter dem hintern Theile des Vorgebirges, zeigt ſich das runde Fenſter oder Schneckenfenſter, welches in die innere Treppe der Schnecke führt und im friſchen und unverletzten Zuſtande durch ein dünnes Häutchen verſchloſſen wird. Hinter dem Vorgebirge bemerkt man eine kleine dreieckige oder pyramidenförmige Erhabenheit, an deren Spitze ſich eine kleine Oeffnung für den Steigbügelmuskel befindet. — Die Zellen des Zitzenfortſatzes befinden ſich hinter der Trommelhöhle. Sie ſind weit, unregelmäßig, zahlreich, ſtehen unter einander in Verbindung, nehmen den ganzen innern Theil des Zitzenfortſatzes ein und öffnen ſich durch einige Mündungen in den hintern und obern Theil der Trommelhöhle. Sie ſcheinen zur Vergrößerung der Oberfläche des mittleren Ohrs zu dienen. — In dem vorderen und tiefer gelegenen Theil der Trommelhöhle befindet ſich die Oeffnung der Euſtachiſchen Röhre oder Trompete. Sie beſteht aus einem knorpelichen und knöchernen Theile, wovon der letztere eine Verlängerung der Trommelhöhle iſt. Von der Trommelhöhle aus geht ſie ſchräg nach innen und vorn, und öffnet ſich mit einer weiten Mündung über dem Gaumenſegel in dem obern und ſeitlichen Theil des Schlundkopfes. Ihre Länge beträgt gegen zwei Zoll. — In der Trommelhöhle befinden ſich drei Gehörknöchelchen, die mit einander eingelenkt ſind und zwiſchen dem Trommelfell und dem ovalen Fenſter, mithin dem innern Theile des Ohres eine Verbindungskette bilden. Der erſte von ihnen, der Hammer, hat ſeine Anlage zunächſt am Trommelfell und hat von ſeiner keulenförmigen Figur oder auch von ſeiner Lage auf dem Ambos den obigen Namen erhalten. Man unterſcheidet an ihm den Kopf, den Hals, einen vordern langen, einen äußern kurzen Fortſatz und den Handgriff. Der Handgriff liegt zwiſchen den zwei innern Platten des Trommelfells und der Kopf lenkt ſich nach hinten mit dem Amboß ein. Der Amboß gleicht einem zweiwurzlichen Backenzahne und wird in den Körper und in einen kurzen und langen Fortſatz eingetheilt, an welchen ſich noch das Linſenbeinchen als Knochenvorſprung befindet. Durch den langen Fortſatz ſteht dieſes Knöchelchen mit dem nächſtfolgenden in Verbindung; der kürzere befeſtigt ſich unweit der Oeffnung der Zellen des Zitzenfortſatzes. Das dritte Knöchelchen iſt

der Steigbügel, der mit dem vollkommenſten Rechte wegen ſeiner Form dieſen Namen verdient. Man unterſcheidet an ihm das Köpfchen, zwei Schenkel und den Fußtritt. Durch das Köpfchen iſt er mit dem langen Fortſatz des Amboſſes verbunden und mit dem Fußtritt ruht er auf dem ovalen oder Vorhofsfenſter, und iſt durch die Schleimhaut der Trommelhöhle auf eine loſe Weiſe an deren Ränder angeheftet, ſo daß er ſich in demſelben etwas hin und her bewegen kann. Dieſe Knöchelchen werden durch Bänder mit einander verbunden und erhalten außerdem noch einen Ueberzug von der Schleimhaut der Trommelhöhle. — Durch die Thätigkeit dreier Muskeln, die wie die Knochen, an welche ſie ſich heften, die kleinſten im menſchlichen Körper ſind, werden der Hammer, der Amboß und Steigbügel bewegt. Der eine von ihnen iſt der Spanner des Trommelfells, entſpringt von der obern Wand der Euſtacchiſchen Trompete und geht in einem eigenen Knochenkanal zum Halſe des Hammers, wo er ſich an deſſen unteren Theil befeſtigt. Der andere, der Erſchlaffer des Trommelfells kommt aus der Glaſerſchen Spalte hervor u. heftet ſich an das Ende des langen Fortſatzes vom Hammer. Die dritte Muskel endlich iſt der Steigbügelmuskel. Er liegt in dem Kanal der pyramidenförmigen Erhabenheit, tritt durch die Oeffnung deſſelben hervor, und befeſtigt ſich am Kopfe des Steigbügels. Durch dieſe Muskeln wird nicht bloß die Kette der Gehörknöchelchen bewegt, ſondern das Trommelfell wird dadurch theils mehr angeſpannt und ſelbſt trichterförmig nach innen gezogen, theils mehr erſchlafft.

3) Die innere Abtheilung des Ohrs macht das Labyrinth aus. Es liegt tief im Felſentheile des Schläfenbeins eingeſenkt zwiſchen dem gemeinſchaftlichen Nervengange für die Gehör- und Antlitznerven und der Paukenhöhle. Es beſteht aus drei mit einander verbundenen Theilen oder Höhlen nemlich dem Vorhofe in der Mitte, den Bogengängen nach hinten und der Schnecke nach vorn. Das Labyrinth öffnet ſich außerhalb durch zwei kleine Kanäle, die ſogenannten Waſſerleitungen, welche auf der innern Seite liegen, in die Schädelhöhle. Der Vorhof iſt eine kleine eiförmige Höhle etwa von der Größe einer Erbſe, welche ſowohl mit den Bogengängen als der Schnecke communicirt. An ihm bemerkt man zwei Grübchen, das halbkreisförmige und das eiförmige, dem gemeinſchaftlichen Nervengange gegenüber, von dem ſie durch eine dünne und von zahlreichen kleinen Löchern durchbohrte Scheidewand getrennt ſind. Außerdem bemerkt man an ſeiner äußern Fläche das in die Trommelhöhle führende eirunde Fenſter, fünf Oeffnungen für die Bogengänge, von welchen ſich die obern in das eiförmige Grübchen öffnen, die untern aber mehr nach unten und nach hinten liegen, an der innern Wand die kleine Oeffnung der Waſſerleitung des Vorhofs, die ſich hinter dem gemeinſchaftlichen Nervengange in die Schädelhöhle ausmündet, und nach vorn und unten den Eingang zur äußern Treppe der Schnecke. Die Bogengänge ſind drei gekrümmte Kanäle, worunter zwei ſenkrechte und ein wagerechter. Der vordere ſenkrechte iſt nach vorn und außen mit der Wölbung nach oben gerichtet; der hintere ſenkrechte ſteht tiefer als

jener, ſchräg nach hinten und außen und mit der Wölbung nach hinten; der wagerechte oder mittlere liegt im Winkel, welchen die zwei ſenkrechten Bogengänge unter einander bilden, und ſeine Wölbung iſt nach hinten gerichtet. Dieſe drei Gänge haben zuſammen nur 5 Oeffnungen in den Vorhof, indem die innern Enden der beiden ſenkrechten Bogengänge ſich vorher unter einander vereinigen. Jeder dieſer Bogengänge hat an einem ſeiner Enden eine eiförmige Blaſe oder blaſenartige Anſchwellung, Ampulle. An den ſenkrechten Gängen findet ſich die Blaſe an den nicht verbundenen Enden. Der wagerechte Gang hat ſie an ſeinem vordern Ende. — Die Schnecke hat ihren Namen von der Aehnlichkeit mit dem Gehäuſe einer Schnecke. Sie beſteht aus einem allmählig enger werdenden Gange, welcher ſich $2\frac{1}{2}$ mal um eine ſehr kurze wagrechte Axe, die Spindel, in die Höhe windet. Eine im Innern des Kanals befindliche Scheidewand, das Spiralblatt, windet ſich mit ihm um die Spindel und theilt ihn in zwei Gänge oder Treppen, eine innere und äußere. Der Theil des Spiralblatts, welcher der Spindel am nächſten liegt, iſt knöchern, der andere bloß häutig. Dieſes Spiralblatt geht jedoch nicht ganz bis zu dem Ende des Kanals unter der Kuppel der Schnecke, ſondern läuft in ein freies hackenförmig umgebogenes Ende aus, wo die beiden Treppen zugleich durch eine kleine Oeffnung mit einander verbunden ſind. Die innere oder untere Treppe, auch Trommeltreppe genannt, beginnt am runden Fenſter, und in ihr ſieht man neben dieſem Fenſter die Oeffnung der Waſſerleitung der Schnecke, welche ſich unter dem Eingange des gemeinſchaftlichen Nervenganges in die Schädelhöhle ausmündet. Die äußere, obere oder Vorhofstreppe öffnet ſich in den vordern untern Theil des Vorhofes. Die Spindel liegt wagerecht in die Quere, iſt kegelförmig, fängt von dem Orte des gemeinſchaftlichen Nervenganges mit einer hohlen Platte an, welche von zahlreichen kleinen Löchern, den Eingängen feiner knöcherner bis in die Spitze ſich erſtreckender und an der Spiralplatte ausmündender Röhren durchbohrt iſt, und geht in der letzten Windung der Schnecke in ein dünnes Knochenplättchen aus. — Der Vorhof und die Bogengänge enthalten in ihrem Innern äußerſt feine weiche röhrenförmige Häute, welche die Geſtalt der knöchernen Höhlen haben, jedoch enger als dieſe ſind, ſo daß ein freier Raum zwiſchen ihnen und den Knochen bemerklich iſt. Jeder knöcherne Bogengang enthält folglich einen ſehr engen mit einer Blaſe verſehenen häutigen Bogengang. Dieſe Röhren öffnen ſich in einen länglichen Sack, den gemeinſchaftlichen Sack, welcher im eiförmigen Grübchen liegt, und dieſer hängt mit dem kleinern rundlichen Sack, der im halbkreisförmigen Grübchen befindlich iſt, zuſammen. Der Raum zwiſchen dem häutigen und knöchernen Labyrinth, ſo wie auch die Säcke werden von einer hellen, ſeröſen Flüſſigkeit, das Labyrinthwaſſer erfüllt, und nach den neueſten Entdeckungen enthält die in den Säcken befindliche immer kleine Anhäufungen von kalkartigen Kryſtallchen, den Ohrſand. Auf dieſen Häuten vertheilt ſich der Hörnerv, welcher gemeinſchaftlich mit dem Antlitznerven in den gemeinſchaftlichen Nervengang dringt, ſich in mehre Zweige theilt und durch die er-

wähnten Löcherchen in den Vorhof u. die Bogengänge dringt. Ein Hauptzweig des Nerven dringt durch die durchlöcherte Platte an der Grundfläche der Spindel in dieſe ein, geht durch die Kanälchen und breitet ſich auf dem Spiralblatte aus. — Seine Blutgefäße erhält das Gehörorgan von der Kopfſchlagader und die Blutadern gehen in den Querblutleiter und in die Droſſelader. Außer den Hörnerven wird es noch vom Antlitznerven und dem Kopftheil des vegetativen Nervenſyſtems mit Zweigen verſehen. — Die Function des Gehörorgans iſt eine dreifache, nämlich 1) die, den Schall von außen aufzufaſſen und nach innen zu leiten; 2) dieſes Auffaſſen und Fortleiten des Schalls durch angemeſſene Stellung der zunächſt dabei concurrirenden Ohrtheile zu begünſtigen und zu befördern; und 3) die der Wahrnehmung dieſes Schalles ſelbſt. Dieſen drei Functionen entſprechen die drei verſchiedenen Abtheilungen des Ohrs, deren Hergang wir jetzt mit Hinweiſung auf den Art. Schall näher betrachten wollen.

Daß das äußere Ohr mit dem Gehörgange beſtimmt iſt eine größere Menge von Schallwellen aufzufaſſen, zu concentriren, und nach den weſentlichen Theilen des Gehörorgans zu leiten, iſt keinem Zweifel unterworfen. Durch das Abſchneiden der äußern Ohren wird das Gehör bedeutend geſchwächt; dagegen hören wir beſſer, wenn wir das Ohr mit ſeiner innern Fläche nach der Gegend hinrichten, von woher der Schall kommt; auch durch trompetenförmige Röhren, Hörröhre, deren ſpitzigen Endtheil wir in den Gehörgang ſetzen, ſind wir im Stande leiſer und beſtimmter zu hören. Auf ein nicht ganz richtiges Experiment Boerhaves geſtützt, hatte man ſonſt angenommen, daß alle Erhabenheiten und Vertiefungen des Ohrknorpels ſo berechnet wären, daß der Schall, von welcher Seite er auch herkomme, und welchen Theil des Ohrs er auch berühre, immer nach Art des Lichtes mehrmals reflectirt und zuletzt in das innere Ohr geleitet werde, was beim Menſchen die bei vielen Thieren bemerkbare Beweglichkeit des äußern Ohrs erſetzen würde. Seitdem iſt aber dargethan worden, daß höchſtens der Ohrmuſchel dieſer Nutzen zugeſchrieben werden kann. Der Hauptnutzen des äußern Ohrs liegt in ſeiner großen Elaſticität, vermöge welcher die Schallwellen daſſelbe in ähnliche Schwingung verſetzen, und auf dieſe Weiſe nach innen geleitet werden. Die Schwingungen einer elaſtiſchen Platte ſind um ſo bedeutender, je mehr der Schall in ſenkrechter Richtung auf dieſelbe einwirkt, woraus der Nutzen der Erhabenheiten und Vertiefungen des Ohrs hervorgeht, indem, von welcher Seite der Schall auch herkomme, derſelbe demnach immer irgend einen Theil des Ohrs in ſenkrechter Richtung trifft. Der Winkel, welchen das äußere Ohr mit der Seitenfläche des Kopfes bildet, iſt, wie Buchanan erwieſen hat, von nicht unbeträchtlicher Wichtigkeit für die Feinheit des Gehörs; mißt dieſer Winkel unter 20 Grad, wenn nämlich das Ohr ſehr an den Kopf anliegt, ſo iſt das Gehör niemals fein. Wird ein ſolches Ohr zufällig zum Theil abgeſchnitten und in einer vortheilhafteren Lage angeheilt, ſo wird das zuvor ſtumpfe Gehör ſchärfer. Der vortheilhafteſte Winkel iſt der von 45 Graden. Wegen der allgemein üblichen engen Kopfbedeckungen und des Mangels an Uebung vermögen die civiliſirten Völker

die Muskeln des Ohrknorpels nicht zu bewegen. Am öfterſten iſt dieſes noch mit dem Heber, den Vorwärts- und Rückwärtsziehern der Fall. Alle Menſchen ſind aber geneigt, wenn ſie etwas genau hören wollen, die Geſichtsmuskeln überhaupt, und hiermit die Haut anzuſpannen, daher die eigne Miene des Horchens, wodurch denn auch die Ohrknorpel eine größere Spannung erhalten. — Der Gehörgang dient als Focus vieler auf die Ohrmuſchel fallender Schallwellen und leitet ſowohl die einfallenden Schallwellen durch ſeine Höhle, als auch die dem äußern Ohre mitgetheilten Schwingungen durch ſeine elaſtiſchen, knorpligen und knöchernen Wandungen an das Trommelfell.

Merkwürdig iſt das Auftreten der Haare und des Ohrenſchmalzes in dieſem Kanale. Ohne Zweifel tragen jene zur Abhaltung von Staub und anderen äußeren Schädlichkeiten bei, und das letztere erhält vermuthlich die Weichheit des häutigen Ueberzuges und ſchützt denſelben vor äußeren Einwirkungen. Kleine hineinkriechende fremde Körper bleiben an ihm hängen, auch entfernt es vielleicht kleine Thierchen durch ſeine Bitterkeit. Außerdem ſoll es aber, wie zwar ſchon Nicolaus Papinius u. A. namentlich aber in ganz neuerer Zeit Buchanan gelehrt haben, die ſonſt unregelmäßigen und unbeſtimmten Schallwellen modificiren und in hörbare und beſtimmtere umwandeln, damit ſie einen weichen, von aller Schärfe freien Ton geben können. Gewiß iſt, daß die Verminderung oder der Mangel des Ohrenſchmalzes im Gehörgange Hitze, ſchmerzhaftes Zucken, unangenehme Geräuſche und ſpäter Schwerhörigkeit verurſacht. Die direct in den Gehörgang und auf das Trommelfell einfallenden oder durch den Ohrknorpel und die Wandungen des Gehörganges zu demſelben geleiteten Schallwellen bringen in demſelben ähnliche ſchwingende Bewegungen hervor, welche mittelſt der Gehörknöchelchen und der Wandungen der Trommelhöhle einerſeits und der in dieſer Höhle befindlichen Luft andererſeits durch das Vorhofs- und Schneckenfenſter zum Labyrinth geleitet werden. Nach Savarts Verſuchen ſcheint es indeß vorzugsweiſe der durch die Luft mitgetheilte Schall zu ſein, der das Trommelfell in Schwingung verſetzt. Dieſer Phyſiker nahm nemlich einen aus einem Kartenblatt gemachten Kegel und befeſtigte an deſſen abgeſtumpfte Spitze eine kleine geſpannte Membran, wodurch die Oeffnung etwa ſo wie der Gehörgang durch das Trommelfell geſchloſſen war. Brachte er auf der andern Seite des Kegels in der Nähe ſeiner Wandung Töne hervor, ſo gerieth die Membran kaum in Schwingung, brachte er aber die nemlichen Töne an der Baſis des Kegels hervor, ſo daß ſie durch die in ihm enthaltene Luft zu der Membran fortgeleitet wurden, ſo entſtanden ſelbſt aus einer Entfernung von 25 bis 30 Meter ſehr deutliche Schwingungen. — Aus der Art und Weiſe, wie die Muskeln des Hammers ſich an ihm befeſtigen und wie dieſes Knöchelchen ſelbſt an das Trommelfell ſich befeſtigt, geht deutlich hervor, daß es verſchiedene Spannungsgrade für das letztere geben muß. Durch den Spanner des Trommelfells wird ſie angeſpannt, durch den Erſchlaffer erſchlafft. Die über dieſen Gegenſtand aufgeſtellten Vermuthungen ſcheinen durch einige Verſuche Savarts an Wahrſcheinlichkeit gewonnen zu haben. Da die Schwingungen einer geſpannten

Haut um ſo ſchwächer ſind, je ſtärker dieſelbe angeſpannt iſt, ſo erhellt daraus der Nutzen der Muskeln der Gehörknöchelchen, welche bei ſtarken Tönen die Spannung des Trommelfells vermehren und bei ſchwachen Tönen vermindern, wodurch Töne, welche ſonſt den Hörnerven ſchmerzhaft afficirt haben würden, erträglich, diejenigen aber, welche ihrer Schwachheit wegen unbemerkt geblieben wären, fühlbar werden. — Die vielen dünnen Knochenplättchen, welche die Zellen des Zitzenfortſatzes bilden, ſo wie auch die zwiſchen den Schenkeln des Steigbügels hingeſpannte Haut, ſollen nach Magendie die ſchwingende Oberfläche vermehren und die Schallſchwingungen verſtärken; Treviranus hingegen hat es wahrſcheinlich gemacht, daß jene Zellen zu der Ableitung eines Theiles von den Schwingungen dienen, die nicht zum runden Fenſter gelangen. Sie verſchwinden in ihnen ungehört. — Der Nutzen der Euſtachiſchen Trompete iſt vielfältig. Da ſie die Luft in der Trommelhöhle mit der äußern Luft in Verbindung ſetzt, ſo erhält ſie ungeachtet des äußern wechſelnden Luftdruckes und Wärmegrades die Luft der Trommelhöhle mit der atmoſphäriſchen im Gleichgewichte, wodurch eine immer wechſelnde Spannung des Trommelfells verhütet wird. Da ferner die Stärke des Tons mit der chemiſchen Zuſammenſetzung der Luftarten wechſelt, ſo erhält die Euſtachiſche Trompete die normale Beſchaffenheit der Luft in der Trommelhöhle und führt eine immer gleichmäßig erwärmte Luft in dieſelbe ein. Sie erleichtert außerdem die Bildung der Schallſchwingungen in der Luft der Trommelhöhle, während eine geſchloſſene Höhle dieſelbe erſchwert haben würde. Endlich leitet ſie die in der Trommelhöhle abgeſonderten Flüſſigkeiten nach außen. Daß ſie den Schall zum innern Ohr leiten könne, iſt eine falſche und jetzt völlig widerlegte Behauptung. Iſt die Euſtachiſche Röhre verſtopft, ſo entſteht Ohrenſauſen, indem ein Widerhall der Schallwellen gehört wird, und oft auch gänzliche Taubheit.

Was den Nutzen des innern Ohrs anlangt, ſo wiſſen wir darüber ſehr wenig. Im Allgemeinen nimmt man an, daß die in die Trommelhöhle geleiteten Schallwellen durch das Vorhofsfenſter auf den Vorhof und die Bogengänge und durch das Schneckenfenſter auf die Schnecke wirken. Zuerſt theilen ſich hiernach die Schwingungen der Flüſſigkeit im Labyrinthe mit, und durch dieſe wird der auf dem häutigen Labyrinth vertheilte Hörnerv angeregt. Die allzu große Erſchütterung des Nerven wird dadurch verhindert, daß die Nervenhäute nicht unmittelbar mit den Knochen in Berührung ſtehen, ſondern durch eine Schicht von Flüſſigkeit von demſelben getrennt werden. Auf der andern Seite aber wird die Einwirkung der Schallſchwingungen auf die Nervenhäute nach Huſchke und Breſchet durch die Anweſenheit der ſtaubförmigen Kalkkryſtalle verſtärkt. Auch bemerkt man, daß dieſe Körperchen ſich grade an den Stellen vorfinden, wo die Nervenvertheilung auf dem häutigen Labyrinthe am reichhaltigſten iſt. Die Waſſerleitungen wurden ſeit Cotugno und Meckel immer für Ableitungsröhren gehalten, theils um die zu große Waſſeranſammlung zu verhüten, theils um die Schwingungen der Labyrinthfeuchtigkeit, welche in einer ganz geſchloſſenen Höhle erſchwert ſein würden, zu begünſtigen. Durch Ribes,

Itard, Eſſer, Breſchet u. A. iſt indeſſen genügend dargethan, daß dieſe Hypotheſe falſch ſei und die ſogenannten Waſſerleitungen nur zum Durchgang von Gefäßen beſtimmt ſeien. Vom eigentlichen Labyrinthe ſcheint der Vorhof der weſentlichſte Theil zu ſein, wenigſtens iſt in niedern Thieren jede Spur der Schnecke und der Bogengänge ſchon längſt verſchwunden, während der Vorhof als mittlerer Theil des Labyrinths noch vorhanden iſt. Die Schnecke ſcheint weniger weſentlich als die Bogengänge zu ſein, denn ſchon bei den Vögeln iſt die Schnecke ſehr klein und verſchwindet bald gänzlich, während die Bogengänge faſt bei allen Wirbelthieren vorkommen. Ueber den beſondern Nutzen des Vorhofs, der Bogengänge und der Schnecke wiſſen wir nichts Beſtimmtes. Nach einigen ſollen alle Schallwellen, welche nicht in die Vorhofstreppe gelangen, von den Bogengängen aufgefangen und den feinen Verzweigungen des Gehörnerven mitgetheilt werden. Nach andern ſollen ſie nicht bloß zur Fortpflanzung, ſondern auch zur Verſtärkung des Schalles dienen. Autenrieth und Kerner glaubten, daß die Bogengänge zur Erkennung der Richtung der Schallſtrahlen dienten. Der Nutzen der Schnecke ſoll der ſein, den Schallwellen theils eine größere Fläche darzubieten, theils eine Verſtärkung derſelben hervorzubringen. Autenrieth und Kerner meinen, daß wir durch die Schnecke im Stande ſeien, die Qualität und Quantität der Töne zu unterſcheiden. Nach Weber endlich wirken die durch die Knochenmaſſe des Schenkels fortgepflanzten Schwingungen vorzüglich auf die Nerven der Schnecke, dagegen die durch das Trommelfell fortgepflanzten Schwingungen der äußern Luft vorzüglich auf das häutige Labyrinth.

L.

Optik (v. d. griech. ὄπτω ſehen) könnte im Allgemeinen die Lehre vom Sehen überſetzt werden, da aber das Licht die Urſache alles Sehens iſt, ſo iſt die Optik näher die Lehre vom Licht. Wir ſehen die Körper 1) wenn Licht von ihnen ausgeht, welches ſtets geradlinig nach allen Seiten hin geſchieht — ſelbſtleuchtende Körper; 2) wenn auf ſie fallendes Licht von ihrer Oberfläche zurückgeworfen wird, welches ſtets unter demſelben Winkel geſchieht, in welchem es auffällt, — beleuchtete Körper und 3) wenn Licht durch ſie hindurch geht und dabei eine Modification in der Richtung (Brechung) oder in der Färbung (Brechbarkeit) erleidet, — durchſichtige Körper. Undurchſichtige Körper ſind ſolche, welche kein Licht durch ſich hindurch laſſen, die daher, wenn ſie kein Licht zurückwerfen, aber gegen das Licht gehalten ſind, dunkel erſcheinen und einen Schatten hinter ſich werfen. Beſondere Modificationen erleidet das Licht auch beim Vorbeigehen bei Körpern (Beugung), wovon ebenfalls in der Optik gehandelt wird. Der Theil der Optik, welcher von dem durch die Körper gehenden Lichte handelt, heißt Dioptrik, ſo wie der Theil, welcher das zurückgeworfene Licht betrachtet, Katoptrik genannt wird. Als beſondere Lehren in der Optik werden noch die Photometrie (griechiſch, Lichtmeſſung) die Lehre von dem Grade der Erleuchtung und der Perſpective abgeſondert. Die letztere lehrt die Modificationen des Lichts und Schattens

durch welche in einer Ebene befindliche Gegenſtände als räumlich verſchieden erſcheinen. Die optiſchen Inſtrumente beſtehen theils aus Spiegeln (welche das Licht zurückwerfen), theils aus Linſen (welche das Licht durchlaſſen) und ſind ſomit Gegenſtände der Dioptrik und Katoptrik. — S. d. einz. Art., beſonders Licht, Linſen, Spiegel, Auge, Geſicht, Brechung, Beugung u. ſ. w. u. ſ. w. — Das neueſte vorzüglichſte Werk über Optik iſt J. F. W. Herſchel, vom Lichte, überſetzt von Ed. Schmidt, Stuttg. 1831.

Organiſche Körper (v. d. griech. ὄργανον Werkzeug) werden den anorganiſchen Körpern entgegengeſetzt, indem man unter jenen alle diejenigen Körper begreift, welche eigenthümliche Gliedmaßen beſitzen, die eine theils willkührliche (Thierwelt), theils unwillkührliche (Pflanzenwelt) Bewegung haben, ſo lange der Körper individuelles Daſein (Leben) hat. Wie dieſe Bewegung aufhört, tritt das Verderben des Körpers ein, der Tod, indem der Körper in ſeine anorganiſchen Beſtandtheile ſich auflöſt. Die anorganiſchen Körper zeigen zwar auch individuelle Form in den Kryſtallen (ſ. d. Art.), auch ein regelmäßig in das Innere gehendes Gefüge, aber keine beweglichen Glieder, kein Leben. Indem man die organiſchen Körper in ihre Beſtandtheile zerlegt, tödtet man ſie und kommt daher immer zu anorganiſchen Körpern. Hierbei aber erhält man höchſt eigenthümliche Subſtanzen oder Stoffe, welche ſich zwar größtentheils auf bekannte anorganiſche einfache Stoffe zurückführen laſſen, aber die merkwürdigſten beſonderen Eigenſchaften haben, welche man einer directen Verbindung jener einfachen Stoffe nicht zu geben vermag. Dieſe Stoffe werden daher in einem eigenen Theile der Chemie der ſogenannten organiſchen Chemie betrachtet. Dieſe konnte, da ſie der eigentlichen Phyſik zu fern liegt, in dieſem Werke keine Aufnahme finden.

Osmium iſt ein edles, ſchweres Metall, welches im rohen Platin vorkommt und erſt 1803 von Tennant entdeckt worden iſt. Man erhält es bei der Reduction des Oxyds als ein ſchwarzes Pulver, welches mit dem Polirſtahle gerieben eine kupferrothe Farbe und Metallglanz annimmt, oder, wenn dabei ſtarke Weißglühhitze angewendet wurde, als eine mehr compacte, metallglänzende Maſſe von ſtahlgrauer Farbe und einem ſpecif. Gewichte = 10. Daſſelbe iſt bei Ausſchluß der Luft unſchmelzbar und feuerbeſtändig. Bei gewöhnlicher Temperatur verbindet es ſich mit Sauerſtoff aus der Luft. Doch konnte Berzelius bei gewöhnlicher Temperatur keine Oxydation wahrnehmen. Beim Erhitzen aber oxydirt ſich das pulverförmige Osmium leicht und läßt ſich ſogar entzünden. In concentrirter Salpeterſäure und Königswaſſer löſt es ſich leicht auf. Das compacte Osmium dagegen oxydirt weder an der Luft, noch löſt es ſich in Säuren auf. Berzelius nimmt 5 Oxydationsſtufen des Osmium an: Osmiumoxydul, Osmiumſesquioxydul, Osmiumoxyd, Osmiumſesquioxyd und Osmiumbioxyd. Hierzu kann man noch hinzufügen das blaue Oxyd, welches eine Verbindung von Oxydul und Sesquioxydul

iſt. Die niederen Oxydationsſtufen bilden iſolirt dunkelgrüne oder ſchwarze geruchloſe Pulver und mit Säuren farbige Salze. Das Bioxyd iſt von weißer Farbe und von ſtechendem, dem Chlor ähnlichem Geruche und ſcharfem Geſchmacke. Daſſelbe iſt ſehr flüchtig, löſt ſich leicht in Waſſer und deſtillirt mit demſelben über, d. h. nimmt mit ihm zugleich Dampfform an. Die Löſung iſt farblos und färbt die Hand ſchwarz. Hydrothionſäure und andere desoxydirende Körper reduciren das Osmiummetall, indem ſie die Flüſſigkeit erſt purpurn, dann blau färben, woraus ſich Osmium als ein ſchwarzes Pulver abſetzt.

P.

Palladium iſt ein dem Platin ſehr ähnliches Metall, in Bezug auf Glanz, Farbe und Härte, deſſen ſpecif. Gewicht = 12 iſt, und das erſt in neuerer Zeit von **Wollaſton** in der rohen Platina entdeckt worden iſt. Daſſelbe iſt in Salpeterſäure und in Königswaſſer löslich. Es verbindet ſich mit dem Sauerſtoff in 2 Oxydationsſtufen: **Oxydul** und **Oxyd.** Dieſes bildet mit Säuren braune oder rothe Salze, welche ſich zum Theil mit Alkalien zu Doppelſalzen verbinden, die Kryſtalle mit zweierlei Farbe, roth und grün bilden, je nachdem man ſie in verſchiedenen Winkeln betrachtet. Das **Palladiumoxyd** iſt übrigens im trockenen Zuſtande ſchwarz und im gewäſſerten gelbbraun. — Das **Palladiumoxydul** entſteht, wenn Palladium vor dem Sauerſtoffgebläſe verbrannt oder in Salpeterſäure aufgelöſt wird. Daſſelbe iſt ebenfalls von ſchwarzer Farbe. — Wenn man über eine Weingeiſtlampe ein Palladiumblech hält, ſo bedeckt es ſich im inneren Theile derſelben mit Kohle, die beim Verbrennen Palladium zurückläßt. Eben ſo ſchwillt ſchwammiges Palladium, welches glühend auf einen mit Weingeiſt getränkten Docht gelegt wird, indem ſich palladiumhaltige Kohle bildet, um mehr als das Zehnfache auf. Wird die Kohle an der Luft verbronnt, ſo erhält man ein Gewebe oder Gerippe von Palladium.

Pallas (v. d. griech. Göttin **Pallas**, der Göttin der Weisheit und des ſinnigen Verſtandes), heißt einer der vier kleinen Planeten, welche zwiſchen Mars und Jupiter ſtehen. Ihr aſtronomiſches Zeichen iſt ⚴, welches eine Lanze (das Attribut der Göttin) bedeuten ſoll. Die Pallas wurde am 28. März 1802 von **Olbers** entdeckt. Sie bewegt ſich in einer mittleren Entfernung von 57$\frac{3}{4}$ Millionen Meilen um die Sonne in einer ſehr langgezogenen Ellipſe, ſo daß alſo die Excentricität ihrer Bahn ſehr bedeutend iſt. Demgemäß iſt auch ihr Abſtand von der Erde und ihre ſcheinbare Größe ſehr veränderlich. Ihre kleinſte Entfernung von der Erde iſt = 21 Mill. Meilen, ihre größte = 90 Mill. Meilen. Die Größe der Pallas läßt ſich wegen der Veränderlichkeit ihrer Atmoſphäre nur ſchwer meſſen. Nach **Schröter** iſt aber

die kleinſte ſcheinbare Größe = 1″, die größte = 4″,2. Herſchel gibt jedoch an, daß der Durchmeſſer niemals größer als 1″ ſei. Eben ſo ungewiß iſt man über ihren wahren Durchmeſſer. Nach Schröter beträgt derſelbe 452 Meilen. Vergl. d. Art. Planeten.

Parallaxe (v. d. griech. παραλλάσσω verändern), heißt im Allgemeinen die Verſchiedenheit des ſcheinbaren Ortes eines Gegenſtandes, der von zwei an verſchiedenen Orten ſich befindenden Beobachtern betrachtet wird, oder welchen derſelbe Beobachter von zwei verſchiedenen Beobachtungsorten aus betrachtet. Daß in der That die Dinge ihren ſcheinbaren Ort verändern, wenn wir ſie von verſchiedenen Punkten aus beobachten, iſt eine ſehr bekannte Erfahrung. Wir dürfen nur bei einer Reiſe zu Wagen etwa einen Baum, hinter dem ein ferner Kirchthurm hervorragt, ins Auge faſſen, ſo werden wir ſehen, daß es den Anſchein hat, als ginge der Baum am Kirchthurme vorüber, bald ſteht jener weit von dieſem ab: der Baum hat alſo ſeinen ſcheinbaren Ort verändert. Beſonders wichtig iſt die Beſtimmung der Paralaxe für die Aſtronomen. Wir beobachten von der Erde aus die Sterne. Da nun alle Beſtimmungen über die Stellungen der Geſtirne auf den Mittelpunkt der Erde bezogen werden, wir aber ſtets an der Oberfläche der Erde unſere directen Beobachtungen anſtellen; ſo ergibt ſich für die Aſtronomen die Aufgabe: Wenn ein Geſtirn von der Oberfläche der Erde aus betrachtet an einem beſtimmten ſcheinbaren Orte ſich befindet, an welchem ſcheinbaren Orte würde es ein Beobachter erblicken, der ſich im Mittelpunkte der Erde befände? Die Beantwortung dieſer Frage heißt die Beſtimmung der täglichen Parallaxe. Offenbar hängt die Größe der ſcheinbaren Ortsveränderung hier ab von der Größe des Erdhalbmeſſers, welcher die Entfernung der beiden Beobachtungsorte angibt, und von der Entfernung des betrachteten Geſtirnes. Je größer die letztere gegen die Größe des Erdhalbmeſſers iſt, deſto kleiner wird die Parallaxe ſein, und bei Geſtirnen wie die Fixſterne, welche für unſere Vorſtellung unermeßlich weit von der Erde entfernt ſind, iſt die tägliche Parallaxe eine nicht mehr beſtimmbar kleine Größe. Bezieht man dieſe Parallaxe auf den Horizont, ſo iſt ihre Beſtimmung am einfachſten. Man nennt ſie dann die Horizontalparallaxe. In Fig. 9. ſtelle C den Mittelpunkt der Erde, A einen Punkt an der Oberfläche der Erde vor; ſo iſt Z der Zenith dieſes Punktes A, und Aa, welche auf CZ ſenkrecht ſteht, iſt eine gerade Linie, welche ganz in der Horizontalebene des Ortes A liegt und bei a auf einen Punkt der ſcheinbaren Himmelskugel Ma trifft, welcher im Horizont von A liegt. Geſetzt bei L befinde ſich der Mond, der alſo für den Beobachter in A gerade aufgeht, d. h. ſich über den Horizont erhebt, ſo erblickt ihn der Beobachter in A offenbar bei a am Himmelsgewölbe. Ein Beobachter im Mittelpunkte der Erde bei C würde ihn aber in der Richtung CL, alſo bei c am Himmelsgewölbe erblicken. Sind a und c die ſcheinbaren Orte des Mondes am Himmelsgewölbe, je nachdem man ihn von A und C aus betrachtet, ſo iſt ac die Horizontalparallaxe des Mondes. Dieſer Bogen in Graden ausgedrückt, mißt offenbar

die Größe des Winkels aCc, wenn man den Mittelpunkt der Erde m Mittelpunkt der ſcheinbaren Himmelskugel ſich vorſtellt. Da aber der Halbmeſſer der ſcheinbaren Himmelskugel unendlich groß iſt, ſo kann man mit demſelben Rechte auch A als Mittelpunkt der Himmelskugel annehmen, oder auch L. Im letzten Falle mißt der Bogen ac den Winkel aLc und dieſer iſt als Scheitelwinkel = ALC. Denken wir uns einen Beobachter bei L, ſo iſt ALC der Geſichtswinkel, unter welchem demſelben der Halbmeſſer der Erde AC erſcheint. Die Horizontalparallaxe des Mondes, und ſo jedes Himmelskörpers, von dem die Erde in einer meßbaren Entfernung abſteht, iſt folglich gleich dem ſcheinbaren Halbmeſſer der Erde von dieſem Himmelskörper aus geſehen.

Aus der Horizontalparallaxe eines Geſtirnes kann man mit Leichtigkeit die Entfernung des Geſtirnes von der Erde beſtimmen. ACL nämlich (Fig. 9.) iſt ein bei A rechtwinkliges Dreieck, deſſen eine Kathete AC = dem Halbmeſſer der Erde und deſſen Winkel ALC = der Horizontalparallaxe des Geſtirnes bei L bekannt iſt, und die ebene Trigonometrie lehrt hiernach die Berechnung von CL, welches die Entfernung des Mittelpunktes der Erde von dem Geſtirne iſt. Auch durch die Zeichnung kann man die Aufgabe löſen. Bekanntlich iſt W. ALC + ACL = 90° alſo ACL = 90° — ALC. Man zeichne nun eine Linie AC, welche den Halbmeſſer der Erde im verkleinerten Maßſtabe vorſtellt, errichte bei A eine Senkrechte und ziehe von C eine Linie unter dem bekannten Winkel ACL, ſo ſchneiden ſich beide Linien in L, und man hat ein Dreieck ACL, deſſen Seiten AC : CL ſich verhalten, wie der Halbmeſſer der Erde zur Entfernung des Geſtirnes.

Zur Beſtimmung der Horizontalparallaxe eines Geſtirnes, z. B. des Mondes, kann man auf verſchiedene Weiſe kommen. Geſetzt an dem Orte A′ befinde ſich ein Beobachter, der ſeine Aufmerkſamkeit auf den Mond zu derſelben Zeit richtet, in welcher ein anderer Aſtronom von A aus den Mond beobachtet, ſo hat der in A′ den Mond gerade im Zenith (in der Richtung der Linie Cc), während der in A ihn im Horizont (in der Richtung der Linie Aa) ſieht. Meſſen nun beide Beobachter den Abſtand des Mondes von einem beſtimmten Fixſterne bei M, ſo erhält der eine den Bogen aM, den andern der Bogen cM, und der Unterſchied dieſer beiden Bogen gibt die Horizontalparallaxe des Mondes ac = aM — cM. Es dürfte aber ſchwierig ſein, die beiden hierzu geeignet liegenden Orte der Erde mit Genauigkeit zu wählen. Ueberdieß ſind die Beobachtungen aller Geſtirne in der Nähe des Horizontes unſicher. Daher hat man noch auf andere Mittel, die Horizontalparallaxe zu beſtimmen, denken müſſen.

Littrow gibt hierüber folgende Erläuterungen. Sei C (Fig. 10.) der Mittelpunkt und NN′ der Nord- und Südpol der Erde. Die beiden Beobachter A und A′ ſollen zu beiden Seiten des Aequators und in demſelben Meridiane NAA′N′ liegen, ſo daß daher der Mond L für beide zu derſelben Zeit culminirt. Nehmen mir an, daß beide die Zenithdiſtanzen des Mondes zur Zeit ſeiner Culmination beobachtet haben. Dieſe Zenithdiſtanzen ſind die Winkel LAZ und LA′Z′, wel-

che die Geſichtslinien LA und LA′ mit den verlängerten Erdhalbmeſſern CA und CA′ bilden. Da dieſe beiden Winkel durch die unmittelbare Beobachtung der Zenithdiſtanzen des Mondes bekannt ſind, ſo ſind alſo auch die beiden an A und A′ liegenden inneren Winkel des Vierecks LACA′ bekannt. Wenn nun der Mond L in Beziehung auf den Halbmeſſer AC der Erde unendlich weit entfernt wäre, ſo würde er keine merkbare Parallaxe haben, oder man würde ihn an demſelben Orte des Himmels ſehen, man mag ihn aus dem Punkte A oder A′ der Oberfläche der Erde oder aus dem Mittelpunkte C derſelben beobachten, d. h. die beiden Zenithdiſtanzen ZAL und Z′A′L würden den beiden Winkeln ZCL und Z′CL am Mittelpunkte der Erde gleich ſein, alſo würde auch die Summe jener Zenithdiſtanzen gleich der Summe dieſer Winkel oder gleich dem Winkel ACA′ ſein, welchen die beiden Erdhalbmeſſer im Mittelpunkte der Erde machen. Dieſer Winkel ACA′ iſt aber gleich der Summe der geographiſchen Breite der beiden Beobachter und daher ebenfalls eine gegebene Größe, wenn, wie hier vorausgeſetzt wird, die Breiten der Beobachtungsorte A und A′ gegeben ſind. Demnach iſt alſo der Winkel ACA′ in dem Vierecke LACA′ bekannt, woraus ſofort folgt, daß auch der vierte Winkel ALA′ deſſelben Vierecks bekannt iſt, da die vier Winkel eines jeden Vierecks immer vier rechten gleich, und da drei derſelben ſchon bekannt ſind. Auch ſieht man ſchon aus dem bloßen Anblicke der Figur, daß in dem Dreiecke ACL die beobachtete Zenithdiſtanz LAZ der äußere Winkel iſt, der bekanntlich den beiden innern entgegengeſetzten ALC und ACL zuſammengenommen gleich iſt, ſo daß alſo der Winkel ALA′ am Monde gleich iſt der Summe der beiden Zenithdiſtanzen weniger der Summe der beiden geographiſchen Breiten. Da ſonach in dem Viereck ACA′L alle Winkel und überdieß noch die zwei gleichen Seiten AC und A′C als Halbmeſſer der Erde bekannt ſind, ſo wird man dadurch noch das ganze Viereck auflöſen und die Entfernung des Mondes von den beiden Beobachtern beſtimmen können. Kennt man aber ſo den Winkel ALA′ am Mittelpunkte des Mondes, ſo findet man daraus leicht die Horizontalparallaxe des Mondes für die Zeit der Beobachtung, da ſie gleich iſt jenem Winkel ALA′ dividirt durch die Summe des Sinus der beiden beobachteten Zenithdiſtanzen. — Sollten die beiden Beobachter nicht genau in demſelben Meridiane ſein, eine Bedingung, die nicht leicht zu erhalten iſt, ſo wird es genügen, wenn ihre Meridiane, d. h. wenn ihre geographiſchen Längen nur eben nicht viel von einander verſchieden ſind. Dann werden nämlich die beiden beobachteten mittägigen Zenithdiſtanzen nicht mehr gleichzeitig ſein, was doch Statt haben muß, wenn die Methode überhaupt noch anwendbar ſein ſoll. Allein man kann entweder aus den Mondtafeln oder auch aus den an den vorhergehenden und nachfolgenden Tagen beobachteten Mittagshöhen des Mondes leicht die kleine Höhenänderung deſſelben ableiten, die der kurzen Zwiſchenzeit jener beiden Culminationen entſpricht und dadurch die beobachteten Zenithdiſtanzen auf gleichzeitige oder auf ſolche bringen, die in demſelben Augenblicke Statt gehabt hätten. Je weniger die Meridiane der beiden Orte von einander verſchieden ſind, deſto kleiner, deſto

ſicherer wird alſo auch jene Reduction ſein. Umgekehrt aber wird man, wie es für ſich klar iſt, die Diſtanz der Parallelkreiſe AA′ oder die Differenz der geographiſchen Breiten der Beobachter ſo groß als möglich nehmen, um die Parallaxe des Geſtirns mit der größtmöglichen Sicherheit zu beſtimmen. Endlich wird dieſe Beſtimmung im Allgemeinen deſto genauer ſein, je kleiner die Diſtanz LC des Geſtirns von dem Mittelpunkte der Erde, oder mit andern Worten, je größer die geſuchte Horizontalparallaxe deſſelben iſt, da für ſehr weit entfernte Geſtirne die Zenithdiſtanz ZAL dem geometriſchen Winkel ZCL ſehr nahe gleich iſt, ſo daß ſchon der geringſte Fehler in dieſen Zenithdiſtanzen, oder auch in den geographiſchen Breiten der Beobachtungsorte, den ſehr kleinen Winkel ALA′ ſehr entſtellen und endlich die ganze Methode unbrauchbar machen würde, wie dieß z. B. bei der Sonne ſchon ſehr nahe der Fall iſt, da ihre Horizontalparallaxe nur 8,58 Secunden beträgt. — Ja für die der Erde ſehr nahen Geſtirne, wie z. B. für den Mond, wird man ſelbſt dieſe Correſpondenz eines zweiten Beobachters entbehren u. die Parallaxe ſchon durch einen einzelnen Beobachter beſtimmen können, ohne daß dieſer genöthigt wäre, ſeine Stelle auf der Oberfläche der Erde zu verlaſſen. Wenn nämlich der Mond L (Fig. 9.) für den Beobachter in A aufgeht, ſo ſieht er ihn bei dem Sterne a, während ihn ein Beobachter im Mittelpunkte C der Erde bei dem Sterne c ſehen würde, ſo daß, wie geſagt, ac die Horizontalparallaxe des Mondes iſt. Allein der Beobachter kennt den Stern noch nicht, bei dem der Mond, von C geſehen, erſcheinen würde, alſo iſt ihm auch dieſer Bogen ac noch unbekannt. Allein in 6 Stunden ſpäter, wo der Mond durch das Zenith Z, oder doch durch den Meridian deſſelben Beobachters A geht, fallen die beiden Linien LA und LC zuſammen, nämlich beide auf die Linie CAZ, und nun ſieht der Beobachter in A, ſo wie der in C, den Mond bei *demſelben* Sterne c, deſſen Diſtanz von a man daher nur zu meſſen braucht, um die geſuchte Horizontalparallaxe ac des Mondes zu erhalten. Noch beſſer wird es ſein, den Mond bei ſeinem Aufgange und bei ſeinem darauf folgenden Untergange zu beobachten, weil man auf dieſe Weiſe die doppelte Horizontalparallaxe erhält und kleinere Fehler der Beobachtungen, die man nie ganz vermeiden kann, einen geringern Einfluß auf das geſuchte Reſultat liefern. — So wie nämlich der Winkel CLA (Fig. 9.), wo das Geſtirn L im Horizont AL des Beobachters iſt, die *Horizontalparallaxe* des Geſtirnes heißt, ſo heißt auch der Winkel CL′A, wo das Geſtirn L′ von dem Beobachter in A in der Höhe LAL′ über ſeinem Horizonte geſehen wird, die *Höhenparallaxe* des Geſtirnes, die immer kleiner wird, je größer die Höhe LAL′ des Geſtirnes iſt, bis ſie endlich im Zenith, wo die Höhe gleich 90° wird, völlig verſchwindet. Man ſieht leicht, daß die Höhenparallaxe eines Geſtirnes gleich iſt der Horizontalparallaxe multiplicirt durch den Coſinus der Höhe deſſelben.

Da der Halbmeſſer der Erde = 859,3 Meilen iſt, ſo findet man alſo die Entfernung des Mittelpunktes eines Geſtirnes von der Erde, wenn man dieſe Zahl 859,3 durch den Sinus der Horizontalparallaxe dividirt oder kürzer, wenn man die Zahl 177243000 durch die Hori-

zontalparallaxe ſelbſt dividirt. Für die Sonne z. B. hat man die Horizontalparallaxe = 8″,58, alſo iſt die Entfernung derſelben von dem Mittelpunkte der Erde = 20657700 Meilen. Die Venus iſt im Verlaufe ihrer Bahn ſehr ungleich weit von der Erde entfernt, wie man aus dem verſchieden großen ſcheinbaren Durchmeſſer dieſes Geſtirnes ſieht. Bei der größten Nähe iſt die Horizontalparallaxe der Venus = 34″,58, woraus eine Entfernung = 5125600 Meilen folgt. Die größte Entfernung = 35028000 M. ergibt ſich aus der Horizontalparallaxe = 5″,06.

Kennt man einmal die Entfernung eines Geſtirnes von der Erde, ſo darf man ſie nur durch den Sinus des ſcheinbaren Halbmeſſers desſelben multipliciren, um ſofort auch den wahren Halbmeſſer des Geſtirns zu erhalten. Der ſcheinbare Halbmeſſer aber iſt die Hälfte des Winkels, z. B. in Secunden ausgedrückt, unter welchem uns der Durchmeſſer des Geſtirns erſcheint, während der wahre Halbmeſſer desſelben den Abſtand des Mittelpunktes des Geſtirns, z. B. in Meilen ausgedrückt, von jedem andern Punkte ſeiner ſphäriſchen Oberfläche bezeichnet. Kennt man aber den wahren Halbmeſſer einer Kugel, ſo findet man daraus auch die Oberfläche und den körperlichen Inhalt derſelben, jenen in Quadrat- und dieſen in Cubikmeilen. Um endlich bei dieſen kleinen Rechnungen die Sinus gänzlich zu vermeiden, kann man auch ſagen, daß der wahre Halbmeſſer eines Geſtirns gleich iſt der Zahl 859,3, multiplicirt durch den ſcheinbaren Halbmeſſer und dividirt durch die Horizontalparallaxe des Geſtirns. So hat man für die Sonne den ſcheinbaren Halbmeſſer 961″ und die Horizontalparallaxe 8″,58, alſo iſt der wahre Halbmeſſer der Sonne 96246 Meilen, oder nahe 112 mal größer als der Halbmeſſer der Erde. Da ſich nur die Oberfläche der Kugeln wie die Quadrate, und die körperlichen Inhalte derſelben wie die Würfel ihrer Halbmeſſer verhalten, ſo folgt, daß die Oberfläche der Sonne 12544 mal größer iſt, als die der Erde, und daß das Volumen der Sonne 1404928 mal größer iſt, als das der Erde, oder daß man aus der Sonne gegen $1\frac{1}{2}$ Millionen ſolcher Kugeln, wie unſere Erde iſt, bilden könne. Wendet man endlich dieſelben kleinen Berechnungen auf die Venus an, deren ſcheinbarer Halbmeſſer in ihrer größten Nähe 32″,8 und in ihrer größten Entfernung 4″,8 iſt, ſo findet man für den wahren Halbmeſſer der Venus 815 Meilen, woraus folgt, daß dieſer Planet nur wenig kleiner iſt, als unſere Erde.

Die Genauigkeit der auf die angegebene Weiſe gefundenen Zahlengrößen hängt offenbar von der Schärfe der Beobachtungen, welche den Rechnungen zu Grunde liegen, ab. Mit Hilfe unſerer beſten Inſtrumente können wir noch einen ſcheinbaren Winkel von 1 Sec. meſſen. Sobald der ſcheinbare Durchmeſſer eines Geſtirnes und ſobald die Parallaxe desſelben nicht kleiner als 1 Sec. ſind, können wir daher beide durch die Beobachtung nahe beſtimmen und können mithin aus ihnen Größe und Entfernung der Geſtirne berechnen. Je weiter ein Stern von der Erde entfernt iſt, deſto kleiner wird ſeine Parallaxe, und dieſelbe iſt daher bei allen Fixſternen, wegen ihres gewaltigen Abſtandes, kleiner als 1 Sec., ſo daß wir alſo die Entfernung und Größe keines

Fixſternes zu berechnen im Stande ſind. Bei dem entfernteſten Planeten unſeres Sonnenſyſtems, dem Uranus, beträgt die größte Horizontalparallaxe 0,47 Sec. Hieraus folgt ſchon, daß man auch dieſe ſchon nicht mehr durch directe Beobachtung hat beſtimmen können. Man hat aber aus dem Keplerſchen Geſetze: daß ſich die Quadrate der Umlaufszeiten wie die Kuben der Halbmeſſer ihrer Bahnen verhalten, und aus der Umlaufszeit des Planeten um die Sonne (= 30689 Tage) ſeine kleinſte Entfernung von der Erde = 376 Mill. Meilen berechnet. Der Halbmeſſer der Erde (= 859 Meilen), dividirt durch 376 Mill., gibt den Sinus der Horizontalparallaxe des Uranus, und aus dieſem findet man die Horizontalparallaxe ſelbſt = 0″,47.

Wenn man bei der Beobachtung der Parallaxe von zwei verſchiedenen Standpunkten ausgeht, ſo wird der Bogen, um welchen daſſelbe Geſtirn von den verſchiedenen Beobachtungsorten aus abzuweichen ſcheint, offenbar um ſo größer ſein, je weiter dieſe Beobachtungsorte von einander abſtehen. Für die Beobachtungsorte A und B (Fig. 11.) z. B. iſt dieſer Bogen a b, für A′ und B′ ſchon a′ b′. Dieſer Bogen iſt am größten für die größtmögliche Entfernung zweier Beobachtungsorte auf der Erde, alſo für ſolche, welche ſich diametral gegenüberſtehen, die alſo um den ganzen Erddurchmeſſer von einander entfernt ſind, d. h. um 1718,6 Meilen. Aber auch wenn man eine ſo große oder nahe ſo große Entfernung der Beobachtungsorte nimmt, läßt ſich eine Parallaxe der Fixſterne nicht bemerken, weil der Durchmeſſer der Erde eine verſchwindend kleine Größe gegen den Abſtand der Fixſterne iſt.

Bekanntlich bewegt ſich die Erde in einer elliptiſchen Bahn umdie Sonne, die wir der leichtern Ueberſicht wegen als kreisförmig anſehen können. So bezeichnen jetzt A A′ B (Fig. 9.) die Erdbahn, C die Sonne, L ein Geſtirn. Befindet ſich nun die Erde auf ihrer Bahn in A, ſo erſcheint das Geſtirn L vor a, während es von C aus geſehen, bei c erſcheint; der Winkel ALC heißt die jährliche Parallaxe des Geſtirnes L. Dieſe jährliche Parallaxe muß offenbar bei weitem größer ſein als die tägliche. Denn während die Stationen A und C bei dieſer nur um den Halbmeſſer der Erde, d. i. um 859 Meilen, von einander entfernt waren, ſind bei der jährlichen Parallaxe dieſe Punkte um etwa 20 Millionen weit von einander entfernt. Die jährliche Parallaxe wird nun auf ähnliche Weiſe wie die tägliche gefunden, nur daß man hier zu den verſchiedenenen Stationen, die verſchiedenen Standpunkte der Erde auf ihrer Bahn nehmen muß. Am weiteſten entfernt ſind die zwei diametral in der Erdbahn einander gegenüberſtehenden Punkte. Die Entfernung derſelben von einander beträgt 41 Mill. Meilen. Die jährliche Parallaxe der Planeten iſt, wie man erwarten kann, ſehr bedeutend. Sie beträgt ſchon beim Uranus 3 Grade. Das Vorhandenſein dieſer Parallaxe iſt zugleich ein Beweis für die Bewegung der Erde um die Sonne.

Bei den Fixſternen hat man aber eine jährliche Parallaxe nicht entdecken können, ein Beweis, daß dieſelben ſo ungeheuer weit von unſerm Sonnenſyſteme entfernt ſind, daß auch die Größe des Erdbahn-

durchmeſſers, d. h. eine Länge von 41 Millionen Meilen, gegen dieſe Entfernung noch eine verſchwindend kleine Größe iſt. Da wir eine Parallaxe von 1 Sec. noch wahrnehmen können, ſo muß auch der uns am nächſten ſtehende Fixſtern eine noch kleinere Parallaxe haben als die angegebene. Hieraus hat man geſchloſſen, daß der nächſte Fixſtern noch über 4261000 Mill. Meilen entfernt ſein müſſe; oder vielmehr, da wir von den diametral entgegenſtehenden Punkten der Erdbahn die doppelte Parallaxe wahrnehmen können, daß der nächſte Fixſtern mehr als 8 Billionen Meilen abſtehen muß. Die Aſtronomen haben ſich lange vergeblich bemüht, eine Parallaxe der Fixſterne, welche zum Beweiſe der Bewegung der Erde dienen ſollte, zu entdecken, aber vergebens. Doch führten dieſe Beobachtungen zu der eben ſo wichtigen und intereſſanten Entdeckung der **Abirrung des Lichtes**, ſ. d. Art. **Vergl. auch d. Art. Sterne.**

Parallelkreiſe heißen diejenigen auf der Erdkugel und an der ſcheinbaren Himmelskugel gezogenen Kreiſe, welche ſämmtlich parallel dem Aequator ſind. Die Parallelkreiſe an der Himmelskugel ſind daher diejenigen, welche die verſchiedenen Sterne bei ihrer ſcheinbaren täglichen Bewegung um die Erde beſchreiben. Jeder Parallelkreis auf der Erde geht durch ſämmtliche Orte, welche gleichweit vom Aequator abſtehen. Daher haben auch alle unter demſelben Parallelkreiſe liegenden Orte der Erde dieſelbe geographiſche Breite. Die Parallelkreiſe werden wie alle Kreiſe in 360 Grade eingetheilt. Da ſie um ſo kleiner werden, je weiter ſie vom Aequator abſtehen, ſo müſſen demgemäß auch die Grade der verſchiedenen Parallelkreiſe von ungleicher Länge ſein. S. d. Art. **Erde** S. 287.

Paſſageninſtrument, (deutſch:) **Durchgangsinſtrument** oder **Mittagsfernrohr** heißt ein Fernrohr, welches ſo aufgeſtellt iſt, daß man es in der Ebene des Meridianes bewegen kann, und welches daher dient, den Durchgang irgend eines Sternes durch den Meridian des Beobachtungsortes zu beobachten, welche Beobachtung die Zeit der Culmination des Sternes gibt. **Römer** hat dieſes Inſtrument erfunden und Fig. 12. iſt es abgebildet. **Littrow** gibt folgende Beſchreibung. Eine horizontale Axe AB von Metall liegt mit ihren beiden äußerſten cylindriſchen Enden A, B, um die ſich dieſe Axe drehen läßt, in ſoliden Pfeilern P, Q von Stein, und durch die Mitte M dieſer Drehungsaxe geht das Fernrohr CD in einer auf die Axe ſenkrechten Stellung. Wird daher die Rotationsaxe AB genau in den Horizont und in der Richtung von Oſt nach Weſt gebracht, ſo liegt das Fernrohr in der Richtung von Süd nach Nord, und geht, wenn es um die Axe AB gedreht wird, in der Ebene des Meridians auf und nieder, ſo daß man alſo nur die Durchgänge der hohen und niedern Sterne durch dieſes Fernrohr an einer Uhr beobachten darf, um ſofort auch die Uhrzeiten des Durchgangs dieſer Sterne durch den Meridian, d. h. um die Uhrzeiten ihrer Culminationen zu erhalten. Man ſieht ſchon aus dem erſten Anblick des Inſtrumentes, daß es, wenn es an-

ders mit einiger Vorſicht gebaut und aufgeſtellt iſt, eine viel größere Stetigkeit und Sicherheit gewährt, als man von einem Quadranten je erwarten kann. Um das Fernrohr auf die ſchon ſonſt bekannte mittägliche Höhe des Sterns, der eben durch den Meridian gehen ſoll, zu ſtellen, iſt an dem einen Ende A der Drehungsaxe ein Halbkreis m o n angebracht, der in einer auf dieſe Axe ſenkrechten Lage an dem Pfeiler P befeſtigt iſt. Concentriſch mit ihm iſt ein Zeiger oder eine Alhidade A o, dem Fernrohre C D parallel, an dem Ende A der Axe angebracht. Dieſe an ihrem Ende o mit einem feinen Striche verſehene Alhidade A o bewegt ſich alſo ſammt dem Fernrohre um die Axe A B, und zeigt durch ihren Strich an dem Kreiſe m n die Höhe des zu beobachtenden Geſtirns bloß in ganzen Minuten an, da dieß hinreicht, das Geſtirn in das Feld des Fernrohrs zu bringen. Die beiden Enden A und B der Axe liegen jede auf einer doppelten, ſtarken Metallplatte auf, die in der Zeichnung durch Vierecke angezeigt ſind. Der eine Theil jeder Platte iſt an dem Pfeiler feſt, und der andere, der eigentlich die Axen-Enden A und B trägt, läßt ſich durch Schrauben an dem erſten hin und wieder bewegen, und zwar der eine bei A ſenkrecht auf und ab, und der andere bei B horizontal und rückwärts. Der letzte ſetzt uns demnach in den Stand, die Drehungsaxe genau in die Richtung von Oſt nach Weſt, d. h. das auf die Axe ſenkrechte Fernrohr genau in die Ebene des Meridians zu bringen, und die erſte dient dazu, das eine Ende A der Axe ſo lange zu erhöhen oder zu erniedrigen, bis dieſe Axe A B ſelbſt genau horizontal iſt, was man mit Hilfe einer Waſſerwage erkennt, die man mit ihren Haken an die beiden cylindriſchen Enden A und B der Axe aufſtellt oder aufhängt. Um für nächtliche Beobachtungen das Innere des Fernrohrs zu beleuchten, dient eine an der äußern Seite des Pfeilers angebrachte Lampe p, die ihr Licht durch den in der Richtung p B durchbohrten Pfeiler und durch die ebenfalls hohle Drehungsaxe B M auf einen kleinen Spiegel wirft, der im Innern des Fernrohrs bei M unter einer gegen B M ſchiefen Stellung aufgeſtellt iſt, ſo daß er das von der Lampe empfangene Licht gegen das Ocular C des Fernrohrs reflectirt.

Um dieſes Inſtrument gebrauchen zu können, muß es in allen ſeinen Theilen gehörig rectificirt ſein, wozu Littrow eine allgemein verſtändliche Anweiſung gibt. Durch den Brennpunkt des Fernrohrs wird ein auf die Axe der beiden Linſen ſenkrechter Faden in einer verticalen Richtung eingeſpannt. Dieſer Faden wird daher, wenn das ganze Inſtrument richtig ſteht, den Theil des Meridians vorſtellen, nach welchem das Fernrohr gerichtet iſt, und der Augenblick, in welchem ein Stern durch dieſen Faden gehend geſehen wird, wird der geſuchte Augenblick der Culmination dieſes Sternes ſein. — Um aber dem Faden die bezeichnete Stellung zu geben, in welcher er erſtens ſenkrecht auf die Axe der beiden Linſen, zweitens genau durch den Brennpunkt geht, und drittens auf den Horizont vertical ſteht, muß man ſich erinnern, daß dieſer Faden im Innern des Fernrohrs an einem feinen metallenen Ringe angebracht iſt, welcher Ring ſelbſt wieder durch eigene Schrauben nach allen Richtungen bewegt werden kann. Da dieſer Ring gewöhnlich ſchon von

dem Künſtler ſenkrecht auf die Linſenaxe geſtellt wird, und da auch ein kleiner Fehler in dieſer Stellung keine nachtheiligen Folgen hat, indem man doch immer nur in der Nähe der Mitte dieſes Fadens beobachtet, ſo kann man in den meiſten Fällen von den oben aufgezählten Forderungen die erſte als ſchon erreicht betrachten. — Nicht ſo iſt es mit der zweiten oder mit der Bedingung, daß der Faden auch genau durch den Brennpunkt des Rohrs geht. Dieſe Unterſuchung theilt ſich in zwei von einander weſentlich verſchiedene. Es kann nämlich erſtens der zur Linſenaxe ſenkrecht ſtehende Faden zwar durch dieſe Axe gehen, aber zu weit vor oder hinter dem Brennpunkte, d. h. zu nahe oder zu fern von dem Objective des Fernrohrs ſtehen. Oder er kann zweitens, obſchon er in derſelben Entfernung, wie der Brennpunkt ſelbſt, von dem Objective iſt, doch noch zur Seite dieſes Brennpunkts, rechts oder links von ihm ſtehen. In beiden Fällen wird er nicht, wie doch gefordert wird, durch den Brennpunkt gehen. — Ehe aber der Beobachter an dieſe beiden Correctionen geht, wird er die Entfernung der beiden Linſen ſeinem Auge gemäß ſtellen. Aus den gemeinſten Erfahrungen an jedem Theaterperſpective iſt bekannt, daß der Kurzſichtige, wenn er durch ein ſolches Inſtrument gut ſehen will, daſſelbe verkürzen, oder die beiden Linſen einander näher rücken muß, während der Weitſichtige ſie von einander entfernt. Auch muß jeder von ihnen, wenn er gut ſehen will, dieſe Diſtanz der Linſen etwas ändern, wenn er ſehr nahe, oder wenn er ſehr entfernte Gegenſtände beobachtet. Daſſelbe gilt auch für die aſtronomiſchen Fernröhre. Da aber dieſe vorzugsweiſe für die himmliſchen, d. h. für ſehr weit entfernte Gegenſtände beſtimmt ſind, ſo wird der Beobachter, ohne alle Rückſicht auf jenen Faden, ſein Fernrohr zuerſt auf ein Geſtirn, z. B. auf den Mond richten, und ſein Ocular ſo lange verſtellen, bis er die Flecken deſſelben am deutlichſten ſieht. Am beſten zu dieſem Zwecke wird man die Doppelſterne wählen. Wenn man nun, durch dieſe Verſchiebung des Oculars es dahin gebracht hat, daß man einen ſolchen Doppelſtern ganz rein und deutlich ſieht, ſo wird man vielleicht den Faden nur ſehr ſchlecht, in der Form eines grauen, breiten Streifens erblicken, zum Zeichen, daß er entweder zu nahe oder zu ferne vom Objective ſteht. Denn in der richtigen Entfernung von dem Objective, d. h. wenn er durch den Brennpunkt deſſelben geht, erſcheint er immer ganz rein, ſchwarz und ſcharf begränzt. In dieſem Falle wird man alſo, mittelſt der dazu beſtimmten Schraube, den den Faden tragenden Ring in der Richtung der Länge des Fernrohrs ſo lange verſchieben oder ſeine Diſtanz von dem Objective ändern, bis er dem Auge völlig rein und ſchwarz erſcheint. Allein dieſe bloße Anſicht des Fadens iſt wohl hinreichend, ihn dem Brennpunkte ſehr nahe zu bringen, aber ſie genügt nicht, um ihn mit der größten Schärfe genau durch dieſen Brennpunkt ſelbſt zu führen. Zu dieſem letzten Zwecke wird man, nach jener erſten rohen Berichtigung des Fadens, das Fernrohr auf irgend ein weit entferntes, feſtes und wohl begränztes irdiſches Object, z. B. auf die Ecke einer Thurmſpitze richten, und den Faden mit dieſer Ecke in genaue Berührung bringen. Dann bewegt man das Auge vor dem Ocular rechts und links ſo weit, als man nur eben noch durch das

Fernrohr den Faden ſehen kann, und ſieht genau zu, ob in den beiden äußerſten Lagen des Auges jene Berührung immer genau und unverändert ſtatt hat. Tritt dieſer Umſtand zufällig ein, ſo wird man ſich verſichert halten, daß der Faden zwar nicht durch den Brennpunkt, aber doch in einer durch dieſen Brennpunkt auf die Linſenaxe ſenkrechten Ebene liegen muß. Wenn aber, während das Auge ſich vor dem Oculare bewegt, der Faden auf dem terreſtriſchen Objecte nicht ſelbſt bleibt, ſondern ebenfalls ſich zu bewegen ſcheint, ſo iſt dieß ein Zeichen, daß er noch nicht in der erwähnten Ebene, ſondern daß er vor oder hinter dieſer Ebene liegt. Welcher von dieſen beiden Fällen aber in der That ſtatt hat, wird man durch folgende einfache Vorſchrift finden: „Wenn bei jener Bewegung des Auges, Aug und Faden nach derſelben Seite, z. B. beide rechts gehen, ſo ſteht der Faden zu nahe am Objective, und muß daher von ihm entfernt werden; gehen aber Aug und Faden auf entgegengeſetzte Seiten, z. B. jenes rechts und dieſer links, ſo ſteht der Faden zu weit vom Objective, und muß daher demſelben genähert werden.“ — Dieſes Verfahren iſt übrigens für Weit- und Kurzſichtige daſſelbe; denn wenn auf dieſe Art der Faden in ſeine wahre Lage gebracht worden iſt, ſo wird der Weitſichtige ſowohl als der Myops nur das Ocular ſeinem eignen Auge gemäß verändern, um ſofort beide Gegenſtände, den Faden ſowohl als das Geſtirn zugleich am deutlichſten zu ſehen. — Allein durch dieſe erſte Berichtigung iſt, wie geſagt, der Faden nur in die Ebene gebracht worden, die ſenkrecht auf die Linſenaxe durch den Brennpunkt geht, ohne daß er deßhalb auch ſelbſt ſchon durch den Brennpunkt gehen muß, von dem er vielmehr in jener Ebene noch rechts oder links abſtehen kann. — Wenn das äußere Rohr von Metall, welches die beiden Linſen umgibt, ein vollkommener Cylinder wäre, deſſen Baſis jene Linſen bilden, ſo dürfte man nur dieſe Cylinder auf zwei Unterlagen ſo auflegen, daß die Mitte jenes Fadens irgend einen wohlbegrenzten terreſtriſchen Gegenſtand ſcharf ſchneidet, und dann den Cylinder um ſeine Axe drehen, und zuſehen, ob dadurch dieſer Durchſchnitt des Gegenſtandes durch den Faden ſich nicht ändert. — Allein jene Röhre iſt nicht vollkommen cylindriſch, und ſie läßt ſich auch, wie ſchon der erſte Anblick des Inſtrumentes zeigt, nicht um ihre Axe drehen. Dafür läßt ſich aber das ganze Inſtrument ABCD aus ſeinen Lagern A und B herausheben, und dann in verkehrter Lage wieder in ſeine Lage zurückbringen, ſo daß z. B. der Endpunkt A der Drehungsaxe, der früher öſtlich lag, jetzt auf das weſtliche Lager B zu liegen kommt, und durch dieſes Umlegen wird offenbar derſelbe Zweck erreicht, als wenn man die cylindriſche Röhre CD um ihre Axe, um die Hälfte der Peripherie eines Kreiſes gedreht hätte. Wenn daher die Mitte des Fadens vor und nach der Umlegung immer denſelben Punkt des terriſtriſchen Gegenſtandes trifft, ſo wird dieß ein Zeichen ſein, daß dieſe Mitte des Fadens mit dem Brennpunkte des Fernrohrs zuſammenfällt. Iſt dieß aber nicht der Fall, ſo wird man nach der Umlegung die Hälfte des bemerkten Fehlers durch diejenige Schraube verbeſſern, welche den oben erwähnten Fadenring in horizontaler Richtung hin und

der bewegt, und die andere Hälfte, wenn man will, durch diejenige Schraube des Lagers B, welche das Ende der Drehungsaxe horizontal zu verſchieben beſtimmt iſt. Da es nicht immer ſicher iſt, den beobachteten Fehler, beſonders wenn er noch etwas bedeutend iſt, genau zu halbiren, ſo wird man das angezeigte Verfahren öfters wiederholen, wodurch jener Fehler offenbar immer kleiner, und endlich ganz unmerklich werden muß. — Das bisher Geſagte betrifft nur, wie man ſieht, die gehörige Stellung des Fadens in dem Fernrohre, und indem man denſelben durch die erwähnten Operationen in den Brennpunkt der beiden Linſen gelegt hat, hat man es zugleich dahin gebracht, daß das eigentliche Fernrohr, d. h. die Axe der beiden Linſen, die man auch die Collimationslinie zu nennen pflegt, auf der Rotationsaxe AB ſenkrecht ſteht. Es ſind noch die Mittel anzugeben, durch welche die Rotationsaxe in einer der Horizontalen parallelen Lage gebracht wird. Das einfachſte Mittel zu dieſem Zwecke iſt die Libelle, oder wie ſie auch genannt wird, die Waſſerwage. In der Höhlung der metallenen Röhre ABC′D′ (Fig. 13.) liegt eine gläſerne, mit Weingeiſt nicht völlig gefüllte, an ihrer oberſten Seite kreisförmig gebogene Röhre. Man ſieht in der Zeichnung dieſe Glasröhre AB durch die oben aufgeſchnittene Metallröhre. In der Mitte zwiſchen A und B iſt der höchſte Punkt des erwähnten kreisförmigen Bogens AB der Glasröhre, und dort wird alſo auch, wenn die Libelle genau horizontal geſtellt wird, die Luftblaſe m ſtehen, die den mit Weingeiſt nicht erfüllten Theil der Glasröhre einnimmt, und die, da ſie viel leichter als dieſe Flüſſigkeit iſt, ihrer Natur nach immer den höchſten Theil der Röhre oder des Kreisbogens AB einnehmen muß. Denkt man ſich nun die Metallröhre entweder unten bei C′ und D′ mit zwei Fußgeſtellen, um ſie dadurch z. B. auf einen Tiſch zu ſtellen, oder oben bei C und D mit zwei Haken verſehen, um ſie dadurch an irgend eine Axe (z. B. an die Drehungsaxe AB des Mittagsrohrs) zu hängen, ſo wird man mit Hilfe dieſer Libelle in jenem Falle den Tiſch und in dieſem die Axe auf folgende Weiſe horizontal ſtellen, wenn man noch bemerkt, daß eines jener Fußgeſtelle oder einer jener Haken ſo eingerichtet iſt, daß er ſich mittelſt einer daran angebrachten Schraube etwas verlängern oder verkürzen läßt, und daß bei den ſorgfältiger gearbeiteten Libellen der oberſte Rand der Glasröhre in eine Anzahl gleicher, mit Zahlen verſehener Theile getheilt iſt, um dadurch den Ort der Blaſe genauer zu beſtimmen. — Wenn die unterſten Theile der Fußgeſtelle, oder auch, wenn die höchſten Theile, die eigentlichen Aufhängungspunkte der beiden Haken von dem oberſten Rande der Glasröhre ſchon genau gleich weit entfernt wären (in welchem Zuſtande man die Libelle bereits rectificirt nennt), ſo dürfte man ſie nur auf den Tiſch ſtellen oder an jene Axe hängen, und Tiſch oder Axe auf der einen Seite derſelben ſo lange erhöhen oder erniedrigen, bis die Luftblaſe m der Libelle genau in der Mitte der Glasröhre ſteht. Allein dieß iſt ſelten der Fall, und gewöhnlich ſind beide, Libelle und Tiſch, oder Libelle und Axe zugleich fehlerhaft. In dieſem Falle wird man dann ſo verfahren: Man hänge die Libelle CD an die Rotationsaxe AB ſo auf, daß C auf der

Seite von A und D auf der Seite von B iſt, und leſe in dieſem Stande der Libelle den Ort der Mitte der Luftblaſe. Geſetzt, dieſe Mitte ſtehe bei dem Theilſtriche a der Glasröhre. — Dann hebe man die Libelle von der Axe ab, und hänge ſie in verkehrter Richtung wieder an dieſelbe, ſo daß jetzt der Theil C der Libelle nach B, und der Theil D nach A kommt, und leſe hier wieder den Ort der Mitte der Blaſe, der z. B. bei dem Theilſtriche b ſtehen ſoll. Wenn a von b verſchieden ſind, ſo iſt dieß ein Zeichen, daß die Rotationsaxe A B nicht horizontal ſteht, und daher verbeſſert werden muß. Die Größe dieſer Verbeſſerung aber wird unmittelbar durch dieſe beiden Zahlen a und b angegeben. Man wird nämlich in dieſer zweiten Lage der Libelle, die man nach dem erwähnten Umkehren derſelben ruhig hängen läßt, den Endpunkt A oder B der Rotationsaxe ſo weit erhöhen oder erniedrigen, daß der Mittelpunkt der Luftblaſe genau in der Mitte zwiſchen jenen zwei Zahlen a und b ſteht. Hatte man z. B. in der erſten Stellung der Libelle die Zahl 8, und in der zweiten die Zahl 12 geleſen, ſo wird man bei dieſer zweiten Stellung der Libelle den einen Endpunkt der Rotationsaxe ſo lange erhöhen, bis der Mittelpunkt der Luftblaſe bei dem Theilſtriche 10 ſteht, und dann wird die Rotationsaxe horizontal ſein, weil dann die Libelle, in beiden Lagen derſelben, immer dieſelbe Zahl 10 zeigen wird. Daſſelbe, was hier von der Rectification der Drehungsaxe geſagt iſt, läßt ſich auch auf die Horizontalſtellung des Tiſches anwenden, wenn man in ihm zwei aufeinander ſenkrechte Linien zieht, und jede dieſer Linien nach dem hier angezeigten Verfahren horizontal ſtellt. — Dieſes Verfahren iſt zugleich das einfachſte und ſicherſte, weil dabei die oben erwähnten Schrauben, welche den Fuß oder Haken der Libelle verlängern oder verkürzen ſollen, gar nicht weiter berührt werden. Dieſe Bewegung jener Schrauben ſoll wo möglich ganz vermieden werden, weil dadurch das Gleichgewicht der einzelnen Theile geſtört, und eine Spannung in der metallenen Faſſung erzeugt wird, die ſich bei den neuen ſehr empfindlichen Libellen oft nur ſpät erſt herſtellt und dem Beobachter durch langes Warten zu viele Zeit raubt. — Man ſieht, daß man auf dieſe Weiſe eine Ebene oder eine Axe, ſelbſt mittelſt einer nicht rectificirten Libelle, horizontal ſtellen kann. Wenn aber der Fehler der Libelle, den man bei dem vorhergehenden Verfahren nicht weiter zu kennen braucht, zu groß iſt, ſo wird die gefundene Zahl, die das Mittel aus den beiden geleſenen Zahlen iſt, auch zu weit von der Mitte in der Eintheilung entfernt ſein, wie dieß in unſerm Beiſpiel bereits der Fall iſt, wo das gefundene Mittel oder die Zahl 10 um volle 15 Theilſtriche von der Mitte der Eintheilung, die bei der Zahl 25 iſt, entfernt ſteht. Solche Fälle muß man aber vermeiden, weil die Krümmungen auch unſerer beſten Libellen am Rande derſelben nur ſelten vollkommen kreisförmig ſind, und weil am Ende jener Punkt ſo weit von der Mitte der Theilung wegrücken könnte, daß er unter die metallene Faſſung A C der Röhre rückt, wo er gar nicht geſehen werden kann. — Sobald man alſo bemerkt, daß der Fehler der Libelle zu groß iſt, ſo wird man ihn auf folgende Weiſe verbeſſern

können. — Man hänge ſie mit ihren Haken an die Rotationsaxe. Iſt dann die Luftblaſe nicht in der Mitte der Theilung, ſo iſt entweder die Axe nicht horizontal, oder die Oberfläche der Libelle iſt jener Axe nicht parallel, d. h. die Libelle iſt nicht rectificirt, oder endlich, was gewöhnlich der Fall ſein wird, beide, Axe und Libelle ſind fehlerhaft. Da man die Fehler eines jeden der beiden Inſtrumente nicht kennt, ſo iſt es das natürlichſte, anzunehmen, daß dieſe Fehler einander gleich ſein mögen. Man laſſe daher den Mittelpunkt der Luftblaſe gegen den Mittelpunkt der Theilung halben Weges durch die Schraube A der Rotationsaxe, und die andere Hälfte des Weges durch die oben erwähnte Correctionsſchraube des Libellenhakens zurücklegen. Hat man durch beide Schrauben die Blaſe in die Mitte der Theilung gebracht, ſo kehre man die Libelle um, ſo daß ihr öſtlicher Arm jetzt auf die Weſtſeite der Rotationsaxe kommt. Iſt in dieſer neuen Lage die Blaſe nicht in der Mitte, ſo verbeſſere man wieder wie zuvor die eine Hälfte des Fehlers durch die eine, und die andere Hälfte durch die andere Schraube, und bringe ſonach die Blaſe wieder in die Mitte der Theilung. Dann kehre man die Libelle wieder um, und wiederhole dieſes Verfahren der halbgetheilten Correction ſo lange, bis die Luftblaſe der Libelle, in ihren beiden entgegengeſetzten Lagen, immer in der Mitte der Theilung genau einſpielt. — Durch dieſes Verfahren wird, wie man ſieht, die Drehungsaxe und Libelle zugleich rectificirt. Es wird übrigens nie nothwendig ſein, daſſelbe ſo weit fortzuſetzen, bis der Mittelpunkt der Blaſe in beiden Lagen der Libelle genau auf den Mittelpunkt der Theilung fällt, da es nach dem Vorhergehenden ſchon hinreicht, wenn beide Mittelpunkte einander nahe genug gebracht werden. Wenn z. B. die Blaſe in der erſten Lage der Libelle 20, und in der zweiten Lage 26 zeigt, ſo wird man, nach dem zuvor gezeigten Verfahren bloß durch die Schraube der Rotationsaxe die Blaſe auf die Mitte jener zwei Zahlen oder auf die Zahl 23 bringen, und dadurch verſichert ſein, daß die ſo geſtellte Rotationsaxe auch genau horizontal iſt, obſchon die Libelle ſelbſt noch nicht rectificirt iſt, da ſie nach unſerer Zeichnung nicht 23, ſondern 25 zeigen ſollte. Will man daher auch dieſe Libelle noch rectificiren, ſo wird man nur, mittelſt ihrer Correctionsſchraube, den einen Haken derſelben ſo viel verkürzen oder verlängern, daß der Mittelpunkt der Blaſe um zwei Theilſtriche, von 23 auf 25 fortgehe, da 25 der Mittelpunkt der an der Glasröhre angebrachten Theilung iſt. Bemerken wir noch, daß es öfters nothwendig iſt, den Werth eines jener gleichen Theilſtriche in Secunden zu kennen. Zu dieſem Zwecke wird man die Libelle an irgend ein Höhen meſſendes Inſtrument, z. B. an einen Quadranten befeſtigen, und nun Inſtrument und Libelle ſo bewegen, daß z. B. der Mittelpunkt der Blaſe 30 Theilſtriche der Libelle durchläuft, während das Inſtrument ſeine Höhe um 20 Secunden geändert hat, woraus folgt, daß ein Theilſtrich der Libelle $\frac{2}{3}$ Secunden beträgt. Muß man alſo die Axe A des Mittagsrohres bei der Rectification derſelben, z. B. um 12 Theilſtriche der Libelle erheben, ſo weiß man, daß dieſe Erhebung 8 Secunden beträgt. — Wenn ſonach die Drehungsaxe des Mittagsrohrs genau horizontal geſtellt worden iſt, ſo wird das Fernrohr

(oder vielmehr die Collimationslinie deſſelben, die nach dem Vorhergehenden bereits ſenkrecht auf jener Rotationsaxe ſteht), wenn daſſelbe um jene Axe gedreht wird, einen Verticalkreis beſchreiben, oder es wird in einer auf den Horizont ſenkrechten Ebene auf und nieder gehen — aber noch nicht in der Ebene des Meridianes, wie es doch von dieſem Inſtrumente gefordert wird. Es wird zwar leicht ſein, dieſes Fernrohr ſo zu ſtellen, daß es dem Meridiane ſchon nahe ſtehe, wozu man ſich z. B. der Culmination der Sonne oder irgend eines andern Geſtirns, deren Rectaſcenſion man kennt, bedienen kann, wenn man zuerſt den Gang ſeiner Uhr durch correſpondirende Höhen oder auf irgend eine andere Art beſtimmt hat. Allein es handelt ſich hier um eine ganz genaue Stellung des Mittagsrohrs, und um eine ſolche, die von andern Inſtrumenten unabhängig iſt. — Bemerken wir zuerſt, daß man jetzt, wo die Collimationslinie des Fernrohrs bereits einen Verticalkreis beſchreibt, zugleich ein leichtes Mittel erhalten hat, den oben in dem Brennpunkte der beiden Linſen ſenkrecht auf die Axe derſelben geſpannten Faden, auch vollkommen vertical oder zu dem Horizonte ſenkrecht zu ſtellen: man darf nämlich jetzt nur dieſen Faden, indem man das Fernrohr ſanft auf und abwärts bewegt, an irgend einem wohlbegrenzten terreſtriſchen Objecte auf und nieder laufen laſſen. Wenn bei dieſer Bewegung des Fernrohrs der Faden nicht immer genau durch denſelben Punkt des Objectes geht, ſo wird man den oben erwähnten Fadenring mit einer eigens dazu beſtimmten Schraube ſo lange in ſeiner eigenen Ebene um ſeinen Mittelpunkt drehen, bis er jener Forderung genügt, wo er dann vertical ſtehen wird. Gewöhnlich ſpannt man zu beiden Seiten dieſes mittleren Fadens noch einen oder auch zwei mit jenem parallele und unter ſich gleich weit entfernte Fäden auf, um die Beobachtungen der Durchgänge der Sterne zu vervielfältigen. Man kann ihren Parallelismus prüfen, wenn man nahe an dem Aequator liegende Sterne durch die oberen und durch die unteren Endpunkte dieſer Fäden durchgehen läßt, und zuſieht, ob die Zeitintervalle für jedes Fadenpaar aus jenen beiden Beobachtungen genau dieſelben ſind. Dieß gibt zugleich ein einfaches Mittel, die Entfernung dieſer Seitenfäden von dem mittlern oder von dem Hauptfaden zu beſtimmen. Beträgt z. B. die Zeit, die ein Stern von bekannter Deklination braucht, um von einem dieſer Nebenfäden zu den mittlern zu gelangen, 100 Secunden Sternzeit, ſo wird man nur dieſe 100 Secunden durch den Coſinus der Deklination des Sterns multipliciren, um das geſuchte Intervall der beiden Fäden in Sternzeit zu erhalten. Iſt z. B. dieſe Deklination gleich 80 Graden, ſo hat man, da der Coſinus von 80 Graden gleich 0,1736 iſt, 17,36 Sternzeitſecunden für das geſuchte Intervall der beiden Fäden, das daher im Raume oder in Bogenſecunden ausgedrückt, 15 mal größer oder gleich 260,4 Bogenſecunden iſt. Beobachtet man dann einen andern Stern, deſſen Deklination z. B. 40 Grad beträgt, wovon der Coſinus 0,7660 iſt, an dieſem Seitenfaden, ſo wird er jenes Intervall in einer Zeit durchlaufen, die gleich 17,36 dividirt durch den Coſinus ſeiner Deklination, d. h. die gleich 22,663

Sternzeitſecunden iſt, ſo daß man daher zu der Beobachtungszeit an dieſem Seitenfaden nur 22,663 Secunden addiren, oder wenn er weſtlicher ſteht, davon ſubtrahiren darf, um ſofort die Zeit zu erhalten, wenn dieſer Stern durch den mittleren oder durch den Hauptfaden gegangen iſt. Noch wollen wir bemerken, daß man dieſer Reihe von ſenkrechten, unter ſich parallelen Fäden gewöhnlich noch einen andern darauf ſenkrechten oder nahe horizontalen hinzufügt, der dazu dient, die zu beobachtenden Sterne alle nahe durch dieſelben Punkte der andern verticalen Fäden, alſo in der Nähe dieſes horizontalen, durchgehen zu laſſen, wo es jetzt nicht mehr nöthig iſt, die verticalen unter ſich genau einzuſpannen, was nur ſchwer oder gar nicht erreicht werden kann. — Um nun noch die Collimationslinie, d. h. den mittleren verticalen Faden des Mittagsrohrs ganz genau in die Ebene des Meridians zu bringen, wird man am beſten einen dem Nordpole des Aequators nahen Stern in ſeiner obern ſowohl, als auch in ſeiner untern Culmination an dem Mittagsrohre beobachten. Geht die Uhr bereits ſehr nahe nach Sternzeit, ſo beobachte man die Uhrzeit der 2 Augenblicke, wo z. B. der Polarſtern in ſeiner obern und untern Culmination iſt, und ſubtrahire die letzte Zeit von 12 Uhr. Die halbe Differenz der ſo erhaltenen zwei Zeiten dividirt man dann durch den Coſinus der Polhöhe und durch die Tangente der Deklination des Sterns: was heraus kommt, iſt die geſuchte Abweichung des Rohres von dem Meridiane, oder iſt das geſuchte Azimuth. Um dieß durch ein Beiſpiel zu erläutern, nehmen wir an, man hätte für die obere Culmination des Polarſterns 0 Stunden 58 Minuten 20 Secunden und für die untere 12 Stunden 58 Minuten 50 Secunden gefunden, ſo iſt jene Differenz 30, alſo ihre Hälfte 15 Zeitſecunden. Die Deklination des Polarſterns iſt aber nahe 88° 10′ und die Polhöhe Wiens 48° 12,6′. Von jenem Winkel iſt die Tangante 31,2416 und von dieſem der Coſinus 0,6664, alſo beträgt das Azimuth des Fernrohrs 0,721 Zeitſecunden und zwar gegen Oſt, da jene Differenz poſitiv iſt. Man wird daher in dieſem Falle das Fernrohr oder vielmehr die Drehungsaxe A B deſſelben mittelſt der bereits erwähnten Schraube bei der Unterlage B dieſer Axe um 0,721 Zeitſecunden weſtlicher ſtellen, um die Collimationslinie in die Ebene des Meridians zu bringen. Die Beobachtungen der nächſtfolgenden Tage werden zeigen, ob man dieſe Zurechtſtellung des Fernrohrs ganz genau vorgenommen hat. Dieß wird nämlich der Fall ſein, wenn die erwähnte Differenz der beiden Sternzeiten genau gleich Null iſt. — Dieß ſind die weſentlichſten Correctionen des Mittagsrohrs, die man mit aller Sorgfalt vornehmen muß, ehe man an die eigentlichen Beobachtungen mit dieſem Inſtrumente geht. Da es ſchwer iſt, dieſe drei Fehler, der auf die Drehungsaxe ſenkrechten Stellung der Collimationslinie, der Horizontalität der Drehungsaxe und des Azimuths des Fernrohrs, durch bloß mechaniſche Mittel, wie Schrauben, Libellen u. dgl. völlig wegzubringen, und da ſich auch dieſe Fehler durch äußere Einwirkungen auf das Inſtrument häufig ändern, ſo ziehen es die neuern Beobachter vor, dieſe Fehler durch jene Mittel überhaupt nur ſo klein als möglich zu machen, und dann den Reſt derſelben oder viel-

mehr die Folgen dieſer Reſte auf die künftigen Beobachtungen in Rechnung zu bringen, ein Verfahren, das viel genauer iſt, als jenes. — Allein es gibt bei dieſem Inſtrumente noch andere Fehler, auf die ein genauer Beobachter ebenfalls Rückſicht nehmen muß. Man ſieht z. B., daß der Künſtler, welcher ſolche Inſtrumente verfertigt, die Endpunkte A und B der Drehungsaxe, mit welchen dieſe Axe eigentlich auf ihren Lagern aufliegt, mit der größten Sorgfalt ausarbeiten muß; dieſe Endtheile der Axe ſind Cylinder mit kreisförmiger Baſis. Wenn nun dieſe Baſis bei dem einen oder andern Endpunkte der Axe kein vollkommener Kreis, ſondern z. B. eine Ellipſe wäre, oder wenn ſie auch beide Kreiſe, aber von verſchiedenem Durchmeſſer wären, oder wenn beide Cylinder einander nicht genau gegenüber ſtünden u. ſ. w., ſo würden dieſe Unvollkommenheiten der mechaniſchen Ausführung, die doch der Künſtler nicht wohl gänzlich vermeiden kann, eben ſo viele Fehlerquellen ſein, auf welche der Beobachter, da er ſie nicht wie jene drei wegſchaffen, oder doch ſo viel wie möglich vermindern kann, bei den Berechnungen ſeiner Beobachtungen Rückſicht nehmen muß. Schwerer noch iſt es, diejenigen Fehler zu beſtimmen, die von der Wirkung der Schwere auf das Fernrohr in den verſchiedenen Lagen deſſelben gegen den Horizont kommen, ſo wie jene, welche die Temperatur in den verſchiedenen Theilen des Inſtrumentes erzeugt. Um dieſe letzten Fehler ſo viel wie möglich zu vermeiden, hat man eigene Beſchirmungen, welche bei den Sonnenbeobachtungen nicht nur das Inſtrument, ſondern auch die beiden Pfeiler P und Q in Schatten ſtellen, ſo daß nur das Objectiv D des Fernrohrs den Sonnenſtrahlen bloßgegeben wird; man hat gefunden, daß der Mangel dieſer Beſchirmung des Inſtrumentes oft ſehr große Fehler erzeugt. Selbſt der oben erwähnte Ring im Innern des Fernrohrs, welcher die Fäden trägt, iſt einer ſolchen Verſtellung durch die Sonnenſtrahlen ausgeſetzt, wenn dieſelben vor der Beobachtung den weſtlichen, und nach derſelben den öſtlichen Rand des Ringes beſcheinen, daher man vor dieſem Ringe einen zweiten anzubringen pflegt, welcher den erſten vor der unmittelbaren Einwirkung der Sonnenſtrahlen ſchützen ſoll. — Noch muß erwähnt werden, daß man für dieſe, ſo wie überhaupt für alle in dem Meridian aufgeſtellten Inſtrumente, in angemeſſenen Entfernungen von z. B. einer Viertelmeile im Nord und Süd eigene Meridianzeichen aufzuſtellen pflegt, Säulen oder Pfeiler, die in ihren höchſten Theilen mit einer eingetheilten Scala verſehen ſind, deren Theile ſich durch das Fernrohr gut leſen laſſen, und durch deren Hilfe man nicht nur die Richtung des Meridians ſehr genau beſtimmen, ſondern auch das Fernrohr leicht wieder darauf zurückführen kann, wenn es durch irgend einen Zufall davon entfernt worden iſt.

Der Gebrauch des Mittagsrohres beſteht nun darin, daß man:

1) die Uhren mit Hilfe deſſelben berichtigt. Man pflegt auf den Sternwarten die Uhren nach Sternzeit (ſ. d. Art. Zeit) gehen zu laſſen, ſo daß ſie zwiſchen zwei nächſten Mittagen oder zwei nächſten Culminationen der Sonne (welche unter den Fixſternen fortzurücken ſcheint)

nicht 24 Stunden, ſondern nahe 24 Stunden 3 Minuten 56 Sec. geben. Dabei wird ein gleichförmiger Gang der Uhren vorausgeſetzt, d. h. daß ſie im Laufe mehrer Tage gegen die richtige Sternzeit täglich oder ſtündlich um dieſelbe Größe zu oder abnehmen. Um nun für jeden Augenblick dieſe Abweichung der Uhr von der wahren Sternzeit zu finden, wird man das Mittagsrohr, mittelſt des Index A o des Kreiſes *m n* nahe auf die mittägige Höhe eines Fixſterns ſtellen, deſſen Rectaſcenſion für dieſen Augenblick man genau kennt. Es ſei dieſer Stern Aldebaran oder α im Stier, deſſen Rectaſcenſion 4 Stunden 26 Minuten 25,3 Secunden ſein ſoll. Da der Gang der Uhr, etwa bis auf eine Minute, ſchon aus früheren Beobachtungen bekannt iſt, ſo wird man einige Minuten, ehe die Uhr 4 Stunden 26 Minuten zeigt, an das Inſtrument gehen, um daſſelbe auf den gewählten Fixſtern zu ſtellen, und dann abwarten, bis der Stern in das Feld des Fernrohres tritt. Geſetzt, daſſelbe ſei mit 3 ſenkrechten Fäden verſehen, die in gleichen Entfernungen von einander ſtehen, und man habe die Uhrzeiten des Durchgangs des Sterns durch dieſe Fäden gefunden, wie folgt:

durch	den erſten Faden Uhrzeit	4	St.	26	M.	54,2	Sec.
=	= zweiten = =	4	=	27	=	39,3	=
=	= dritten = =	4	=	28	=	23,8	=

Addirt man dieſe 3 Zeiten, und dividirt die ſo erhaltene Summe durch 3, d. h. nimmt man das Mittel aus dieſen drei Beobachtungen ſo erhält man 4 St. 27 M. 39 S. für die Uhrzeit desjenigen Augenblicks, wo der Stern durch den Meridian ging. Allein die wahre Sternzeit dieſes Augenblicks iſt bekanntlich gleich der Rectaſcenſion derſelben oder gleich 4 St. 26 M. 25,3 Sec. Die Differenz dieſer beiden Zeiten iſt 1 Minute 13,8 Sec., alſo geht auch die Uhr um die Zeit, wo ſie 4 St. 28 M. zeigte, um 1 M. 13,8 Sec. gegen Sternzeit voraus oder ſie geht um 1 M. 13,8 Sec. zu geſchwind. — Eben ſo wird man an demſelben Tage durch eine andere Beobachtung, z. B. von Wega oder α der Leyer, deren Rectaſcenſion 18 St. 31 M. 19,2 Sec. iſt, finden, daß die Uhr um dieſe Zeit um 1 Min. 14,2 Sec. gegen Sternzeit voraus iſt, woraus folgt, daß ſie in 14 St. 5 Min. Uhrzeit um 0,4 Sec. gegen Sternzeit vorausgeht, ſo daß ſie alſo, wenn man ihren Gang gleichförmig annimmt, in jeder Stunde um 0,028 Sec. gegen Sternzeit voraus eilt. Aus mehren ſolchen Beobachtungen wird man das Mittel nehmen, und ſo den Stand und Gang der Uhr gegen die wahre Sternzeit mit aller nur wünſchenswerthen Schärfe beſtimmen können.

Das Mittagsrohr dient 2), die Rectaſcenſionen ſolcher Geſtirne, deren Ort am Himmel man noch nicht kennt, zu beſtimmen. Man wird kurz vor der Culmination ſolch eines Geſtirnes das Fernrohr auf daſſelbe ſtellen und wieder die Uhrzeiten der Durchgänge deſſelben durch die drei Fäden bemerken. Geſetzt, man habe an demſelben Tage von irgend einem Kometen beobachtet:

am erſten Faden die Uhrzeit	10	St.	43	M.	16,2	Sec.
= zweiten = = =	10	=	44	=	20,4	=
= dritten = = =	10	=	45	=	24,3	=

Das Mittel dieſer drei Zahlen iſt 10 St. 44 Min. 20,3 Sec.; und dieß iſt alſo auch zugleich die Uhrzeit der Culmination des Kometen. Allein die Uhr ging um 4 St. 27 Min. Uhrzeit bereits um 1 Min. 13,8 Sec. gegen Sternzeit voraus, und accelerirt in jeder Stunde um 0,028 Sec., alſo ging ſie zur Zeit der Beobachtung des Kometen um 1 Min. 13,98 Sec. gegen Sternzeit voraus, oder der Komet culminirte, wie aus dieſer Beobachtung und aus dem bereits bekannten Fehler der Uhr folgt, um 10 St. 43 Min. 6,32 Sec. Sternzeit, und dieß iſt daher auch die geſuchte Rectaſcenſion des Kometen.

Pendel (v. d. lat. pendere herabhangen) iſt in ſeiner einfachſten Geſtalt als Senkel, ein ſchwerer Körper, gewöhnlich eine Kugel, welche an das eine Ende eines dünnen beugſamen Fadens befeſtigt iſt, deſſen anderes Ende mit einem feſten Punkte verbunden iſt, ſo daß der ſchwere Körper von dem feſten Punkte an dem Faden frei herabhängt. Ein ſolches Pendel hat die Eigenthümlichkeiten: 1) daß ſich der Faden in die Richtung der Falllinie (der Senkrechten auf die Horizontalebene des Ortes der Erde, an welchem man ſich befindet) ſtellt; und daß 2) der ſchwere Körper ſammt dem Faden, wenn man ihn aus der eben angegebenen Richtung heraus bringt, und ihn dann ſich ſelbſt überläßt, hin und herſchwankt, welche Schwankungen Schwingungen oder Oscillationen (v. d. lat. oscillare) genannt werden. Ein ſolches Pendel ſtellt Fig. 14. dar. FL iſt die Richtung der Falllinie, in der es ſich im Zuſtande der Ruhe befindet. Bringt man es in eine beliebige Stellung FA, und läßt es dann frei (ohne ihm einen Stoß zu geben) fallen, ſo geht es bis L herab, über dieſen Punkt hinaus und ſteigt auf der anderen Seite bis A′ hinauf, indem es den Bogen LA′ = LA beſchreibt, darauf fällt es von Neuem, geht wieder über L hinaus bis A, und dieſe Bewegung wiederholt ſich. Man kann zugleich die Bemerkung machen, daß die Bewegung ſtets am ſchnellſten in der Gegend von L iſt, am langſamſten bei A und A′. Nach L zu nimmt die Geſchwindigkeit zu, von L ab nimmt ſie ab, und bei A und A′ geht die Richtung der Bewegung in die entgegengeſetzte über, wobei dann einen Augenblick beim Umſetzen der Richtung die Geſchwindigkeit = 0 wird. Dieſe Erſcheinungen erklären ſich aus den Geſetzen des Falls und der Trägheit. Befindet ſich der ſchwere Körper in L, ſo würde er in der Richtung der Falllinie herabfallen, wenn ihn nicht der Faden FL hielte, er ſpannt daher dieſen Faden vermöge ſeiner Schwere in der Richtung der Falllinie. Befindet ſich der ſchwere Körper in A oder A′, ſo würde er ebenfalls in der Richtung der Falllinie herabfallen, aber der Faden FL verhindert dieß und läßt nur ein Fallen in dem Bogen AL zu, die Geſchwindigkeit dieſes Falles nimmt zu nach den Geſetzen des Falles (ſ. d. Art.). In L würde der Körper zur Ruhe kommen, wenn er nicht durch den Fall von A nach L eine Geſchwindigkeit erlangt hätte, die ihn nach A′ hin forttriebe. Er würde nun mit der ihm bei L eigenthümlichen Geſchwindigkeit ſich fortbewegen, wenn ihm nicht nun dieſelbe Anziehungskraft der Erde, welche ihn

zum Fall von A nach L trieb, entgegenwirkte. Da die Geſchwindigkeit bei L das Reſultat des Falles (alſo der Anziehungskraft der Erde) von L nach A war, ſo iſt dieſe durch die jetzt entgegenwirkende Anziehungskraft der Erde genau aufgezehrt, wenn der ſchwere Körper ſich in A′ befindet, welches von L genau eben ſo weit abſteht wie A. Hier angekommen befindet ſich der Körper daher ganz wieder unter denſelben Bedingungen wie bei A, er beſchreibt daher wie vorher den Bogen ALA′ jetzt denſelben Bogen A′LA in entgegengeſetzter Richtung, und man ſieht, das ein einmal in Bewegung geſetztes Pendel niemals aufhören wird in den Bogen ALA′ ſich hin und her zu bewegen, wenn nicht äußere Umſtände dieſer Bewegung hindernd in den Weg treten. Dieſe äußeren Umſtände fehlen aber nie. Sie ſind 1) die Reibung des Fadens an dem Aufhängungspunkte F und 2) der Widerſtand, welchen die Luft dem bewegten Körper und Faden entgegenſtellt. Dieſe äußeren Umſtände bewirken, daß die Bögen, welche das bewegte Pendel beſchreibt allmählig immer kleiner, und daher endlich = 0 werden, d. h. daß endlich das Pendel in der Stellung FL wieder zur Ruhe kommt. Der Winkel AFL heißt der Ausſchlagswinkel oder (lat.) Elongationswinkel. Die Bewegung von A nach A′ oder von A′ nach A heißt eine Schwingung oder Oscillation, von AL und von LA′ ſind halbe Schwingungen, welche abwechſelnd abſteigend und aufſteigend ſind. Die Weite einer Schwingung iſt der Bogen AA′ nach Graden, Minuten und Secunden gemeſſen. Die Dauer einer Schwingung iſt die Zeit, welche der Pendel braucht, um dieſen Bogen zu durchlaufen.

So einfach das Pendel iſt, ſo iſt es doch eines der wichtigſten Inſtrumente, es dient zur Beſtimmung der Falllinie, der genauen Zeitmeſſung, der Geſtalt der Erde und einer der wichtigſten Fragen über die allgemeine Anziehung der Materie. Pendelſchwingungen kommen überdieß bei einer Menge von Erſcheinungen vor, welche auf den erſten Anblick in gar keiner Beziehung mit dem Pendel zu ſtehen ſcheinen. Daher hat man die Geſetze der Pendelſchwingungen auf das Genaueſte beſtimmen müſſen. Dieſe Geſetze ſind:

1) Die Dauer der Oscillationen, welche ſehr klein ſind, iſt unabhängig von ihrer Weite. Man nennt ſie daher iſochron (griech., gleichzeitig), um auszudrücken, daß ſie ſämmtlich in gleichen Zeiten gemacht werden. Die Oscillationen von 4 oder 5 Grad Weite gehören nicht mehr zu den ſehr kleinen, ſie fangen an, eine merklich längere Dauer zu haben.

2) Die Dauer der Oscillationen iſt immer unabhängig von dem Gewichte des ſchweren Körpers und von der natürlichen Beſchaffenheit der Subſtanz, aus welcher derſelbe beſteht.

3) Die Dauer der Oscillation eines Pendels verhält ſich zu der Dauer der Oscillation eines anderen Pendels, wie die Quadratwurzeln aus den Längen beider Pendel ſich verhalten.

Dieſe Geſetze werden in der Mechanik ſtreng mathematiſch abgeleitet, laſſen ſich aber auch durch die Erfahrung annäherungsweiſe nachweiſen. — Will man das erſte Geſetz durch Einen Verſuch darthun, ſo wird dazu eine zu lange Zeit erfordert, weil man mehre Hunderte

von Oscillationen zählen muß; nämlich erſtens beim Anfange der Schwingungen, wann die Weite 4 oder 5 Grad beträgt; dann etwas ſpäter, wann die Weite 2 oder 3 Grad beträgt; und endlich gegen das Ende der Pendelbewegung, wann die Weite der Oscillationen dem bloßen Auge verſchwindet und nur noch durch Gläſer wahrgenommen werden kann. Man erſtaunt ſogleich, daß das Pendel beinahe eben ſo viel Zeit braucht um einen Bogen von $\frac{1}{10}$ Grad zu durchlaufen, wie um einen Bogen von 10 Grad zurücklegen, der folglich 100 mal größer iſt; aber man begreift den Grund dieſer Erſcheinung, wenn man bedenkt, daß in dem zweiten Falle die Schwere ihm eine größere Geſchwindigkeit ertheilt, weil ſie in ſchieferer Richtung und auf eine wirkſamere Weiſe auf daſſelbe wirkt. Dieſes Geſetz der Iſochronismus iſt eine der erſten Entdeckungen des berühmten Gallilái. Man erzählt, derſelbe habe in ſeiner Jugend in einer Kirche zu Piſa zufällig die Schwingungen einer Lampe beobachtet, welche von dem Gewölbe der Kirche herab hing. Er erſtaunte über die Wiederholung der Bewegung und über die Gleichmäßigkeit ihrer Dauer. — Das zweite der angegebenen Geſetze läßt ſich leicht nachweiſen. Man nimmt Kugeln aus verſchiedenen Subſtanzen, aus Holz, Elfenbein u. a., und macht daraus Pendel von gleicher Länge, die man mit einander oscilliren läßt. Man wird finden, daß ihre Bewegung wenigſtens längere Zeit gleichmäßig bleibt. In dieſem Geſetze liegt zugleich ein Beweis, daß die Schwere auf alle Körper, welches auch ihre Subſtanz ſein mag, völlig gleichmäßig wirkt (ſ. d. Art. Fall), denn die Schwere iſt es offenbar allein, welche die Bewegungen des Pendels hervorbringt, wie ſie dieſelben auch zum Fallen beſtimmt. Bekanntlich hat man den angegebenen Satz auch durch Fallverſuche im luftleeren Raume nachgewieſen, aber die Pendelſchwingungen ſind geeigneter zur Beobachtung, weil ſie anhaltender beobachtet werden können. — Das dritte der angeführten Geſetze der Pendelſchwingungen wird mit Pendeln von verſchiedener Länge dargethan. Nimmt man z. B. drei verſchiedene Pendel, deren Längen in dem Verhältniß der Zahlen 1, 4, 9 ſtehen, ſo müſſen ſich die Zeiten, in welchem ſie ihre Oscillationen zurücklegen, wie die Zahlen 1, 2, 3 (die Quadratwurzeln aus 1, 4, 9) verhalten. Um ſich hiervon zu überzeugen, hängt man die drei Pendel eines vor das andere, oder wie Fig. 15. zeigt, unter einander an Doppelfäden. Man findet, daß das Pendel, deſſen Länge 1 iſt, 2 Oscillationen macht, während das Pendel von der Länge 4 Eine macht, und 3, während das Pendel von der Länge 9 Eine macht, daß alſo jede einzelne Oscillation des Pendels von der Länge 4 zweimal, und jede einzelne Oscillation des Pendels von der Länge 9 dreimal ſo lange dauert als Eine Oscillation des Pendels von der Länge 1.

Die angeführten Geſetze der Pendelſchwingungen ſind ganz unabhängig von der Intenſität der Schwere. Geſetzt dieſe Kraft werde hundertmal ſtärker oder hundertmal ſchwächer, ſo werden die kleinen Oscillationen doch noch iſochron ſein und ihre Dauer wird noch in demſelben Verhältniſſe gegen die Gewichte und gegen die Längen der Pendel ſtehen. Aber obgleich dieſe Geſetze mit der Intenſität der Schwere

nicht ſich ändern, ſo ändert ſich mit derſelben doch die abſolute Dauer jeder Oscillation. Wenn die Schwere in einem beſtimmten Augenblicke plötzlich zu wirken aufhörte, ſo würden die Körper aufhören zu fallen und die Pendel aufhören zu oscilliren; oder wenigſtens fielen die Körper nur noch mit der von ihnen bereits erlangten Geſchwindigkeit (dem Geſetze der Trägheit gemäß), und die eben in Bewegung befindlichen Pendel beſchrieben ganze Kreiſe (ihre Bewegung würde nicht wieder rückgängig) ohne in die ſenkrechte Richtung zurück zu kehren, und ohne durch irgend eine weitere Urſache in ihrer Bewegung modificirt zu werden, als durch die Reibung. Verdoppelte ſich dagegen die Intenſität der Schwere plötzlich, ſo würden die Körper mit größerer Geſchwindigkeit fallen und die Pendel würden ſchneller in der Wiederholung ihrer Schwingungen ſein. Das wahre Verhältniß zwiſchen der Dauer der Oscillationen, der Länge des Pendels und der Intenſität der Schwere, kann nur aus den Geſetzen der Mechanik gefunden und nur durch eine Formel ausgedrückt werden, deren Kenntniß ſehr wichtig iſt.

Es bezeichne l die Länge eines Pendels z. B. nach Mètres; T die Dauer einer Oscillation dieſes Pendels nach Secunden; π iſt wie bekannt die Zahl, welche annäherungsweiſe das Verhältniß des Umfanges zum Diameter ausdrückt = 3,14159; g endlich ſei die Intenſität der Schwere, d. h. die Anzahl Mètres, welche die Geſchwindigkeit eines Körpers nach Einer Secunde freien Falles ausdrückt. Dann hat man als Formel des Pendels $T = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$, folglich $g = \frac{\pi^2 l}{T^2}$, d. h. die abſolute Intenſität der Schwere iſt gleich dem Quadrate des angenäherten Verhältniſſes des Umfangs zum Diameter, multiplicirt mit der Lände des Pendels, welches man beobachtet und dividirt durch das Quadrat der Zeit Einer Oscillation. Um alſo die Intenſität der Schwere zu haben, genügt es, ein Pendel oscilliren zu laſſen, ſeine Länge zu meſſen um l zu haben, die Dauer Einer Oscillation zu meſſen um T zu haben, und nachher die angezeigten Rechnungen zu machen. Dieſe Formel reicht hin für das *einfache* Pendel, unter welchem man ein durchaus unmangelhaftes Pendel verſteht, welches ſich zwar leicht vorſtellen aber auf keine Weiſe herſtellen läßt. Ein ſolches Pendel müßte einen Faden haben, der ſich durchaus nicht dehnte und keine Schwere beſäße, an deſſen Ende ein einziges unendlich kleines ſchweres Körpertheilchen befeſtigt wäre; oder an die Stelle des Fadens müßte eine mathematiſche Linie treten. Man nennt dieß Pendel daher auch *mathematiſches* Pendel.

Jedes nicht wie das eben angegebene einfache Pendel, heißt ein *zuſammengeſetztes* Pendel, alſo ſchon ein unbiegſamer Faden ohne Schwere, an den nur 2 ſchwere Körpertheilchen l und L (Fig. 14.) befeſtigt wären, würde ein zuſammengeſetztes Pendel bilden. Bei einem derartigen Apparate iſt nämlich die Geſchwindigkeit der Oscillationen zuſammengeſetzt aus den Geſchwindigkeiten der Oscillationen, welche jedes der kleinen Körpertheilchen für ſich annehmen würde, wenn es frei oscillirte. Das Körpertheilchen l, welches nur um die Entfernung Fl vom Auf-

hängungspunkte abſteht, ſucht ſchneller zu oscilliren, als das Körpertheilchen L, welches um FL abſteht. Da aber beide, l und L, ſo mit einander verbunden ſind, daß ſie nothwendig gleichzeitig ſchwingen müſſen, ſo wird l in ſeinen ihm allein eigenthümlichen Schwingungen durch L verzögert werden und L wird durch l beſchleunigt werden, ſo daß eine mittlere Geſchwindigkeit des zuſammengeſetzten Pendels ſich als Reſultat ergeben wird, d. h. das zuſammengeſetzte Pendel FL wird ſchwingen wie ein einfaches, deſſen Länge größer als Fl und kleiner als FL iſt. Bei jedem wirklich hergeſtellten Pendel kommen nun nicht nur zwei ſondern unzählige ſchwere Körpertheilchen vor, welche den Gang deſſelben modificiren, und die wirkliche Geſchwindigkeit deſſelben wird zuſammengeſetzt ſein aus den Geſchwindigkeiten aller ſeiner Beſtandtheilchen, wenn jedes einzelne frei oscillirte. Fp (Fig. 16.) ſtellt ein gewöhnliches Pendel vor, wie diejenigen ſind, deren man ſich als Regulatoren bei Uhren bedient. F iſt der feſte Punkt, der Drehungspunkt des Pendels, Ft die Pendelſtange, welche die Stelle des Fadens vertritt und ll′ die Linſe (Metallſcheibe), welche den ſchweren Körper des einfachen Pendels vertritt. Der Punkt m und diejenigen Punkte, die wie m der Aufhängungsaxe ſehr nahe ſind, würden ſich ſehr ſchnell bewegen, wenn ſie allein wären. Dagegen wird der äußerſte Punkt p, ſo wie alle in ſeiner Nähe befindlichen Punkte, nur ſehr langſam ſich bewegen können. Die erſteren werden mithin durch das Beſtreben, die letzteren zu beſchleunigen, verzögert, und dieſe werden durch den von jenen erhaltenen Impuls beſchleunigt. Daher gibt es zwiſchen m und p einen gewiſſen Punkt C, der was ihn betrifft, weder beſchleunigt noch verzögert iſt, und der ſeine Oscillationen genau ſo macht, als wenn er allein (der einzige ſchwere Punkt des Pendels) und am Ende eines Fadens = FC aufgehängt wäre; dieſer wichtige Punkt heißt der **Schwingungsmittelpunkt**. Bei jedem zuſammengeſetzten Pendel finden ſich nothwendig ein oder mehre Schwingungsmittelpunkte, und ihr gemeinſchaftlicher Abſtand vom Aufhängungspunkte des Pendels heißt die **Länge des Pendels**. Alſo iſt z. B. die Länge des Fig. 16. abgebildeten Pendels nicht gleich Fp, ſondern gleich FC. Dieſe Länge iſt ſtets gleich der Länge eines einfachen Pendels, welches mit derſelben Geſchwindigkeit oscillirte, wie das zuſammengeſetzte Pendel. Der Schwingungsmittelpunkt hängt von der Geſtalt des ſchwingenden Körpers ab, ſobald dieſer Körper durchaus gleichartig iſt, und von ſeiner Geſtalt und der Dichte ſeiner Theile, wenn er nicht gleichartig iſt. Ein ganz aus Kupfer gearbeitetes Pendel z. B. würde ſeinen Schwingungsmittelpunkt in C (Fig. 16.) haben, wenn ſeine Stange ſehr dick wäre, und in C′ wenn ein Faden an ihre Stelle geſetzt würde. Ein kleines Gewicht, welches man an das untere Ende p brächte, würde den Schwingungsmittelpunkt noch weiter herabſetzen, und brächte man daſſelbe oberwärts an, ſo würde es ihn weiter hinaufbringen. Man bringt daher auch bei manchen Uhren einen **Laufer** an, welcher längs der Pendelſtange verſchoben werden kann und denn man niedriger oder höher ſtellt, um den Gang der Uhr zu verzögern oder zu beſchleunigen. Meiſtens aber wird dieſes durch die Linſe ſelbſt bewerkſtelligt, welche ſo eingerich-

tet zu ſein pflegt, daß man ſie mit Hilfe einer kleinen Schraubenbewegung höher und niedriger ſtellen kann. — Da wir nur zuſammengeſetzte Pendel herzuſtellen vermögen, ſo treten der Beſtimmung der Intenſität der Schwere durch Pendelbeobachtungen zwei Schwierigkeiten entgegen: 1) mit Genauigkeit die Dauer einer Schwingung zu beobachten, und 2) mit Genauigkeit die Länge des Pendels zu beſtimmen, welches man oscilliren läßt. Denn nur erſt nach Beſiegung dieſer Schwierigkeiten kann das zuſammengeſetzte Pendel auf das einfache reducirt werden, ſo daß man von der Formel $T = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ Gebrauch machen kann, um die Intenſität der Schwere g abzuleiten.

Borda hat zuerſt ein genaue Methode zu Meſſung des Pendels angegeben. Er ſtellte ſeine Verſuche 1790 auf dem Obſervatorium zu Paris an. Biot, Bouvard und Matthieu haben 1808 dieſelben Beobachtungen wiederholt, nach dem Vorgange Bordas und mit ähnlichen Inſtrumenten. Arago und Humboldt haben 1818 durch andere Verfahrungsarten jene Verſuche beſtätigt. Alle dieſe Verſuche beſtätigen die Genauigkeit der Bordaſchen Beobachtungen, und es ergibt ſich daraus, daß die Intenſität der Schwere, wie ſie Borda gefunden, zu Paris = 9^m, 8088 iſt, d. h. daß ein Körper der im luftleeren Raume während einer Secunde fällt, nach Verlauf dieſer Zeit eine Geſchwindigkeit erlangt hat, vermöge welcher er, wenn die Schwere auf ihn zu wirken aufhörte (ſeine Bewegung gleichmäßig, nicht ferner beſchleunigt würde), in jeder folgenden Secunde 9^m,8088 zurücklegen würde. Dieß kann man auch ſo ausdrücken: daß ein Körper, welcher ſich im luftleeren Raume bewegt, vom Zuſtande der Ruhe ausgehend, in 1″ einen Raum von 4^m,9044 (= 15,091 Par. F.) durchläuft; denn bekanntlich iſt die Geſchwindigkeit, welche ein Körper nach Verlauf Einer Zeiteinheit erlangt hat, zweimal ſo groß als der während dieſer Zeit durchlaufene Raum. (S. d. Art. Fall, S. 333).

Das Pendel, deſſen ſich Borda bediente, wird das abſolute Pendel genannt. Es beſteht aus einer ſchweren Kugel, die an einem ſehr dünnen Drahte (Fig. 17.) aufgehangen iſt. Da die Kugel homogen und genau abgerundet iſt, und da der Draht, obgleich von anderer Subſtanz, in ſich ſelbſt homogen iſt, ſo kann man den Punkt, in welchen das Schwingungscentrum fällt, genau berechnen. Hat man es z. B. in c gefunden, ſo hat man nur noch nöthig, die Geſammtlänge des Pendels vom Aufhängungspunkte bis zum Punkte A zu meſſen, und davon die Entfernung ct abzuziehen, um die wahre Länge des Pendels zu haben. Die Kugel iſt von Platin. Man wählt dieſes Metall, weil es am unveränderlichſten iſt, und weil es am dichteſten und folglich am wenigſten empfindlich für den Widerſtand der Luft iſt. Auf die Kugel paßt eine Kappe, welche genau nach demſelben Halbmeſſer gearbeitet iſt; und die Adhärenz beider Oberflächen an einander, welche durch eine dünne Lage Fett bewerkſtelligt wird, reicht hin, das ganze Gewicht der Kugel zu tragen. Der Aufhängungsdraht iſt von Kupfer, welcher an der einen Seite durch die Mitte des Stiels der

Kappe geht und zwiſchen den beiden Stücken, aus denen dieſer Stiel beſteht, befeſtigt iſt. Sein oberes Ende iſt auf ähnliche Weiſe befeſtigt. Dieſes zweite Stück, in welches der Draht eingeklemmt iſt, iſt an dem Aufhängungsapparat befeſtigt, den Fig. 17. darſtellt. Derſelbe beſteht: 1) aus einem Prisma von Stahl mit einer ziemlich ſcharfen Schneide, mittelſt deren das Pendel auf Agatplatten ruht, und 2) aus einem ſtählernen Cylinder, der ſenkrecht auf der Schneide ſteht und das Stück trägt, an welches der Draht befeſtigt iſt. — Fig. 18. zeigt den ganzen aufgeſtellten Apparat. — Um die Dauer einer Oscillation zu beſtimmen, ſetzt man das Pendel in einem beſtimmten Zeitmomente in Bewegung, welcher auf einer guten Pendeluhr oder auf einem Chronometer angemerkt wird. Darauf läßt man ihn mehre Stunden lang oscilliren und bemerkt genau den Augenblick, wo er ſeine letzte Oscillation beendet. Die Zeit von dem Anfange der erſten Schwingung bis zum Ende der letzten iſt die Zeit, während welcher das Pendel in Gang war, z. B. 4 St. 10 Min. = 15000 Sec. Wüßte man nun noch, wie viele einzelne Schwingungen das Pendel während dieſer Zeit gemacht hat, z. B. 20000, ſo würde man ſagen: In 15000'' hat es 20000 Oscillationen von gleicher Dauer gemacht; es hat folglich zu Einer Schwingung $\frac{3''}{4}$ gebraucht; und wenn man ſich hierbei nicht um Eine Oscillation verrechnet hat, ſo folgt, daß man ſich nicht um $\frac{3''}{80000}$ oder um $\frac{1}{26666}$ einer Secunde über die Dauer Einer Oscillation getäuſcht hat.

Die Schwierigkeit iſt nur, genau die Anzahl der Oscillationen zu finden. Es iſt klar, daß ſie der Beobachter nicht eine nach der anderen zählen kann, dieß würde zu langweilig ſein und leicht zum Verzählen Veranlaſſung geben. Es gibt zwei gleich ſichere Mittel jene Beſtimmung zu erhalten. Das erſte Mittel iſt, daß man ſich eines Zählers bedient, den man durch vorläufige Verſuche mit dem Gange des Pendels in Uebereinſtimmung bringt. Sind ſie einmal in Uebereinſtimmung, ſo hat der Beobachter nichts zu thun, als Unordnungen zu verhüten, welche aus der Abnahme der Weite der Pendelſchwingungen entſtehen können, und den Zähler durch einen Druck mit der Hand oder auf andere Weiſe wieder in Uebereinſtimmung mit dem Pendel zu bringen. Auf dem Zifferblatte des Zählers lieſt man die Anzahl von Schwingungen, welche das Pendel gemacht hat, ab. Das andere Mittel iſt die ſogenannte Methode der Coincidenzen (v. d. lat. coincidere zuſammenfallen), welche zuerſt von Mairan vorgeſchlagen wurde und darin beſteht, daß man zwei voreinander ſtehende Pendel durch ein hinlänglich entferntes Fernrohr beobachtet und diejenigen Fälle aufzeichnet, wo ihre Schwingungen zuſammenfallen, da es ſich wohl ſelten oder nie ereignet, daß beide Pendel völlig iſochroniſch (gleichzeitig) ſchwingen, ſo daß nothwendig das eine vor dem anderen voraus eilen muß, bis es nach Vollendung mehrer Schwingungen wieder mit jenem zuſammentrifft. Mehre Phyſiker, namentlich Borda, haben ſich die-

ſer Methode bedient. Man ſtellt zu dieſem Ende das Pendel vor eine genau regulirte Uhr, befeſtigt auf ihrem Pendel ein kleines Zeichen, z. B. ein kleines kreisförmiges Scheibchen Papier, am beſten ſo, daß dieſes durch das zu beobachtende Pendel oder ein auf demſelben befindliches unburchſichtiges Object ganz bedeckt wird, wenn beide in der Verticale ruhig hängen. Alsdann befeſtigt man in einer Entfernung von 24 bis 36 Fuß ein Fernrohr mit einem vor dem Oculare befindlichen verticalen Spinnenfaden ſo, daß dieſer die Zeichen beider Pendel deckt oder biſecirt. Werden dann beide Pendel gleichzeitig in Bewegung geſetzt, ſo muß bei einer ſtattfindenden Ungleichheit ihrer Schwingungen das Zeichen des einen ſich von dem des anderen entfernen, oder ſie werden ſich nicht mehr decken, bis die Entfernung beider ihr Maximum erreicht hat, welches nach Vollendung einer halben Schwingung mehr oder weniger eintritt. Von da an werden beide ſich wieder nähern, bis ſie völlig ſich deckend, oder mit ihren Mittelpunkten zuſammenfallend von der entgegengeſetzten Seite her vor dem Spinnenfaden vorbeigehen und das eine der Pendel eine ganze Schwingung mehr vollendet hat. Demnächſt werden ſich die Zeichen nach der entgegengeſetzten Seite von einander entfernen, dann ſich wieder nähern, bis ſie völlig ſich deckend von der anfänglich angenommenen Seite her wieder vor dem Faden im Fernrohre vorbei gehen. Dieſes genannte Zuſammentreffen beider Zeichen in der Verticale heißt dann die Coincidenz, deren man allzeit zwei oder mehrfache von zweien in Rechnung nimmt, ſo daß nach zwei Coincidenzen die Zahl der beobachteten Pendelſchwingungen $N \pm 2$ iſt. Man erhält ſonach die Proportion: die Zahl der Schwingungen des Uhrpendels $= N$ verhält ſich zu der Zahl der Schwingungen des beobachteten Pendels zwiſchen zwei Coincidenzen $= N \pm 2$, wie die Menge der Secunden der Uhr in einem Tage $= R$ zur correſpondirenden Zahl der Pendelſchwingungen. Heißt letztere P, ſo iſt $P = \frac{R\ (N \pm 2)}{N} = R \pm \frac{2\,R}{N}$, wonach alſo die Secundenzahl der Uhr nach dem beſtimmten Gange derſelben bekannt ſein muß. Geht dieſelbe völlig genau, ſo iſt R für Sexageſimal-Eintheilung $= 86400$, und je gleichförmiger der Gang beider Pendel iſt, deſto geringer wird die Zahl der Coincidenzen und deſto kleiner der Bruch $\frac{2\,R}{N}$ ſein. Allerdings ſind in dieſem Falle die Coincidenzen ſchwerer zu beobachten, allein dieſes wird durch die Kleinheit der erforderlichen Correction und die Geringfügigkeit eines unbedeutenden Fehlers in der Beſtimmung von N aufgewogen.

Um nachher die Länge des Pendels zu meſſen, bedient man ſich (nach Biot) einer polirten Stahlplatte, welche man ſehr genau und feſt unter der Kugel des Pendels anbringt (Fig. 18.). Man erhebt ſie allmählig höher und höher mit Hilfe einer Schraube, ſo aber, daß ſie fortwährend in horizontaler Lage bleibt. Iſt ſie endlich der Kugel bis zur Berührung nahe gekommen, ſo daß dieſe bei den Schwingungen des Pendels leicht an die Platte anſtreicht, ſo iſt man verſichert,

daß die Entfernung der Ebenen, auf welchen die Meſſerſchneide aufruht, von der Stahlplatte gleich iſt dem Abſtande der unterſten Punkte der Kugel von der Meſſerſchneide. Hierauf hebt man das Pendel ab und bringt an ſeine Stelle einen Maßſtab, welcher auf den Platten, auf denen das Pendel ruht, mit einer Meſſerſchneide aufliegt, welche der des Pendels völlig ähnlich iſt (Fig. 19.). Dieſer Maßſtab iſt in Fig. 20. von vorn, in Fig. 21. von der Seite abgebildet. Man ſieht eine Zunge l, welche vor oder zurücktritt durch Bewegung der Schraube v. Sobald der Maßſtab an die Stelle des Pendels aufgehängt worden, läßt man mit Hilfe der Schraube v die Zunge l weiter und weiter mit der größten Vorſicht vortreten, und indem man den Maßſtab wie vorher das Pendel ſchwingen läßt, beobachtet man den Augenblick, wo bei immer weiterem Vortreten der Zunge dieſe mit ihrem Ende an die Platte eben ſo leicht anſtreift, wie vorher der unterſte Punkt der Pendelkugel. Auf dem Maßſtabe iſt eine Theilung angebracht und eben ſo auf der Zunge l, man kann alſo ableſen, wie weit der Endpunkt von l abſteht von der Meſſerſchneide, auf welcher der Maßſtab aufliegt. Dieſe Länge iſt offenbar gleich der Länge des Pendels von ſeinen Meſſerſchneiden bis zum entfernteſten Punkte ſeiner Kugel. Da man die Entfernung des Schwingungsmittelpunktes von dem äußerſten Punkte der Kugel kennt, ſo hat man nur noch nöthig, dieſe Größe von der mit Hilfe des Maßſtabes gefundenen Länge abzuziehen, um die genaue Länge des mathematiſchen Pendels zu haben, welches völlig dieſelben Schwingungen machen würde, wie das beobachtete Pendel. Setzt man nun die ſo gefundene Länge l des Pendels und die entſprechende Dauer T der Oscillation in die Formel $T = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$, ſo kann man endlich den Werth von g berechnen. Nachdem dieſe Größen gegeben ſind, kann man leicht die Länge des Secundenpendels ausrechnen, d. h. die Länge eines Pendels, das genau in Einer Secunde Eine Schwingung macht; und es iſt klar, daß die Intenſität der Schwere eben ſo gut wie der Werth von g durch die Länge des Secundenpendels beſtimmt iſt, weil mit Hilfe der angegebenen Formel jedes der Elemente aus den übrigen abgeleitet werden kann.

Man bedient ſich entweder des Decimal-Pendels oder des Sexageſimal-Pendels. Dieſe Benennungen beziehen ſich auf die Zeit, je nachdem man den mittleren Sonnentag in Decimaltheile oder Sexageſimaltheile eintheilt. Der in Decimaltheile eingetheilte Tag beſteht aus 10 Stunden, jede Stunde aus 100 Minuten und jede Minute aus 100 Secunden, wonach ein Tag 100000 Decimal-Secunden hat. Der nach Sexageſimaltheilen getheilte Tag hat 24 Stunden, jede Stunde 60 Minuten, und jede Minute 60 Secunden, welches für einen Tag 86400 Sexageſimal-Secunden gibt. Das Decimal-Pendel iſt dasjenige welches in einer Decimal-Secunde Eine Schwingung macht und das Sexageſimal-Pendel das, welches hierzu Eine Sexageſimal-Secunde braucht. Zu Paris iſt nach den Meſſungen von Borda die Länge des Sexageſimal-Pendels $= 993^{mm}, 8267$. Die

ſpäter gemachten Meſſungen geben dieſe Größe nur um 18000 Theil eines Millimeters größer. — Die Länge des Sexageſimal = Pendels zu London iſt = 994^mm, 1147. Sie wurde 1818 von **Kater** beſtimmt mit Hilfe eines von ihm erfundenen Apparates, der ſehr ſinnreich iſt und eine große Genauigkeit zuläßt. Derſelbe wird **Reverſionspendel** (lat., Umkehrungspendel) genannt, und **Muncke** gibt folgende erklärende Beſchreibung deſſelben. Zur Conſtruction eines Reverſionspendels gelangt man durch ſehr einfache Mittel. Eine möglichſt gleichförmig gearbeitete Stange AB (Fig. 22.) (ohne das bewegliche Gewicht n) werde an zwei Punkten mit zwei gleichen Meſſerſchneiden C und c verſehen, deren Schneiden in der Axe der Stange liegen, während ihre entgegengeſetzten Grundflächen einander parallel ſind. Will man daraus den Abſtand beider Meſſerſchneiden von einander ſo beſtimmen, daß das Pendel ein richtiges Reverſionspendel iſt, ſo muß zuerſt nur die eine derſelben angebracht, alsdann vermittelſt einer kleinen ſchweren, an einem möglichſt dünnen Faden aufgehangene Kugel die Länge des gleichzeitig mit der auf der einen Meſſerſchneide ſchwingenden Stange oscillirenden (einfachen) Pendels aufgefunden werden, und dieſe gibt dann den Abſtand beider Meſſerſchneiden von einander. Aus der Natur des Pendels folgt dann, daß das Stangenpendel, wenn es auf der Meſſerſchneide C ruht, demnächſt umgekehrt und auf der Meſſerſchneide c aufgehangen wird, beide Male in gleichen Zeiten oscillirt. Findet nämlich die Oscillation um die Schärfe der Meſſerſchneide C ſtatt, ſo liegt der Schwingungsbogen in der Schärfe der andern c, beide müſſen daher bei der Umkehrung des ganzen Pendels verwechſelt werden und der Abſtand beider von einander gibt daher einfach die Länge des mathematiſchen Pendels. Leichter iſt es, wenn man noch obendrein zugleich ein genaues Secundenpendel herſtellen will, die Stange etwa 12 bis 15 Zoll länger zu machen, als die Länge des einfachen Secundenpendels beträgt, die eine Meſſerſchneide nahe am einen Ende, die andere einige Zoll weiter entfernt, als die Länge des Secundenpendels beträgt, anzubringen, vermittelſt eines feinen Lothes durch Wegnehmen von der Stange an der einen oder der anderen Seite dieſe ſo herzuſtellen, daß beide Schneiden genau in die verticale Ebene fallen, alsdann das cylinderförmige Gewicht n anzubringen und das auf der Meſſerſchneide C ſchwingende Pendel durch Verſchiebung oder benöthigten Falls auch Veränderung des Cylinders n und Abnahme des unteren Endes der Stange zu einem genauen Secundenpendel zu machen, worauf ſich zeigen wird, daß es nach der Umkehrung in gleichen Zeiten ſchwingt, und es gibt dann der Abſtand beider Schärfen von einander genau die Länge des einfachen Secundenpendels, wenn dabei die ſpäter zu erörternden Reductionen angebracht werden. — Nach dieſen allgemeinen Principien conſtruirte **Kater** das gleich anfangs von ihm gebrauchte Reverſionspendel, wonach ſpäter eine Menge anderer von unveränderlicher Länge für die feinſten Meſſungen verfertigt worden ſind. Daſſelbe beſteht aus einer Meſſingſtange ab (Fig. 23.), in welche zwei dreieckige Löcher zum Durchſtecken der Meſſerſchneiden α, β in einem Abſtande

von 39,4 Zoll geſchnitten ſind. Ueber denſelben, die obere Seite des Loches genau berührend, befinden ſich an jedem Ende zwei meſſingene Platten mn, m′n′, 6 Zoll lang, angeſchraubt, zwiſchen denen die Meſſingſtange noch 2 Zoll hervorragt, in den Raum der übrigen 4 Zoll ſind zwei 17 Zoll lange hölzerne Stäbe gh, g′h′ befeſtigt, an deren Enden feine Fiſchbeinſtäbchen l und l hervorragen. Das meſſingene Gewicht p, ein Cylinder von 3,5 Zoll Durchmeſſer, 1,25 Zoll Höhe und 2 Pfd. 7 Unzen Gewicht, iſt auf die Stange geſchoben und durch einen koniſchen Stift unbeweglich feſtgeſteckt. Noch zwei andere kleine Gewichte v und w ſind auf der Stange beweglich, und durch eine Oeffnung des größern kann die Eintheilung auf dem Stabe abgeleſen werden, um ſeinen Abſtand von der Mitte genau zu beſtimmen. Die Meſſerſchneiden des erſten Pendels ſind von Wootz gemacht, die ſpätern werden aus hartem Gußſtahl gemacht. Sie ruhen gewöhnlich in den Einſchnitten a, b (Fig. 24.) der Unterlage von Glockenmetall, welche durch die Schraube c niedergelaſſen wird und ſie dann ſanft auf 2 Agatplatten herabſinken läßt, die ihnen während der Dauer der Beobachtungen zur Unterlage dienen.

Um die Intenſität der Schwere an verſchiedenen Orten der Erde zu beſtimmen, mußte man an jedem dieſer Orte eigentlich ähnliche Beobachtungen anſtellen, wie zu London und Paris. Da ſolche Beobachtungen aber die ſorgfältigſten Vorbereitungen und viele Zeit erfordern, ſo hat man auf Mittel, die leichter zum Ziele führen, geſonnen. Ein ſolches Mittel hat man in der Anwendung des unveränderlichen Pendels. Daſſelbe beſteht aus einer ſtarken Stange von Kupfer oder Holz, durch welche oben eine Meſſerſchneide geht, und welche unten eine ſchwere Linſe trägt. Dieſe Linſe pflegt man an den Kanten abzuſchärfen, damit ſie bei den Schwingungen des Pendels die Luft mit größerer Leichtigkeit durchſchneide. Ein ſolider Dreifuß iſt beſtimmt die Agatplatte zu tragen, auf welche man die Schneide des Pendels ſetzt, ſobald man die Beobachtung anſtellen will. Der Dreifuß ſelbſt muß auf einer unbeweglichen Grundlage ſtehen, und deßwegen pflegt der Reiſende, welcher Pendelbeobachtungen anſtellen will, drei Werkſtücke mit ſich zu führen, welche er auf feſtem Lande in den gehörigen Abſtänden in den Boden einſetzt und in ſandigem Lande auf Grundpfähle ſtellt. Ueber dieſer feſten Grundlage läßt man das Pendel mit größter Sorgfalt oscilliren.

Man mißt nicht die Länge des Pendels, aber man zählt mit großer Genauigkeit die Anzahl der Oscillationen, welche in einer ebenfalls genau beſtimmten Zeit gemacht werden. Hat ein Beobachter auf dieſe Weiſe eine große Anzahl von Beobachtungen an verſchiedenen Orten gemacht und kehrt dann an einen Ort zurück, wo die Länge des Sexageſimalpendels direct beſtimmt worden, und beobachtet auch an dieſem Orte ſein Pendel, ſo kann er nun für die verſchiedenen Beobachtungsorte die Intenſitäten der Schwere genau berechnen. Die Intenſitäten der Schwere an den verſchiedenen Orten verhalten ſich nämlich umgekehrt wie die Quadrate der Zeiten, welche zu Einer Oscillation an den

verſchiedenen Orten gebraucht werden. Die ganze Rechnung iſt ein einfaches Regel=de=tri=exempel.

In der nachſtehenden Tabelle hat Muncke alle ihm bekannt gewordenen Beſtimmungen der Länge des einfachen Secundenpendels an verſchiedenen Orten zuſammengeſtellt.

Beobachter.	Orte.	Breitengrade.			Pendellängen in Millim.
Freycinet	Malvinen	51°	35′	18″	994,0657
Düperrey	—	51	31	44	994,1295
Fallows	Cap d. g. Hoffnung	33	55	56	992,5887
Freycinet	—	33	55	15	992,5677
Freycinet	Port Jackſon	38	51	34	992,6260
Düperrey	Port Jackſon	33	51	34	992,5879
Brisbane	Paramatta	33	48	43	992,5590
Dunlop	Paramatta	33	48	43	992,5730
Luetke	Valparaiſo	33	2	30	992,5178
Freycinet	Rio de Janeiro	22	55	13	991,6956
Foſter	Rio de Janeiro	22	55	22	991,7137
Baſil Hall	Rio de Janeiro	22	55	22	991,7170
Düperrey	Isle de France	20	9	40	991,7707
Luetke	St. Helena	15	54	59	991,6035
Sabine	Bahia	12	59	21	991,2203
Sabine	Aſcenſion	7	55	48	991,1948
Düperrey	—	7	55	9	991,1824
Sabine	Maranham	2	31	43	990,8975
Freycinet	Rawack	0	1	34	990,9466
Sabine	St. Thomas	6	24	21	991,1109
Baſil Hall	Gallopagos Inſeln	0	32	19	991,0403
Luetke	Ualan	5	21	16	991,3043
Sabine	Sierra=Leone	8	29	28	991,1073
Sabine	Trinidad	10	38	56	991,0609
Goldingham	Madras	13	4	9	991,2723
Luetke	Guahan	13	26	21	991,4277
Freycinet	Guam. Inſ.	13	27	51	991,4520
Sabine	Jamaica	17	56	7	991,4725
Freycinet	Mowi	20	52	7	991,7850
Baſil Hall	San Blas	21	32	24	991,5633
Foſter	San Blas	21	32	24	991,5903
Luetke	Boni	27	4	12	992,3773
Biot	Lipari	38	28	37	993,0792
Biot	Formentera	38	39	56	993,0697
Sabine	New=York	40	42	43	993,1586
Biot	Barcellona	41	23	15	993,2321
Düperrey	Toulon	43	7	20	993,3652
Biot, Matthieu	Figeac	44	36	45	993,4578
Biot, Matthieu	Bordeaux	44	50	26	993,4529
Biot	Fiume	45	19	0	993,5841
Biot	Padua	45	24	3	993,6073
Biot	Mailand	45	28	1	993,5476
Biot, Matthieu	Clermont Fer.	45	46	48	993,5823

Beobachter.	Orte.	Breitengrade.			Pendellängen in Millim.
Borda, Caſſini	Paris	48	50	14	993,8462
Biot, Bouward	—	—	—	—	993,8668
Sabine, Kater	—	—	—	—	993,8606
Kater	Schanklin-Farm	50	37	24	994,0470
Biot, Mathieu	Dünkirchen	51	2	10	994,0804
Kater	London	51	31	8	994,1234
Kater	Arbury-Hill	52	16	55	994,2275
Luetke	St. Peter u. Paul	53	0	53	994,3734
Kater	Clifton	53	27	43	994,3016
Schumacher	Altona	53	32	45	994,3520
Beſſel	Königsberg	54	42	50	994,4099
Kater	Forth-Leith	55	58	37	994,5352
Biot	—	—	—	—	994,5310
Luetke	Sitka	57	2	58	994,6200
Kater	Portſoy	57	40	59	994,6906
Svanberg } Cronſtrand }	Stockholm	59	20	43	994,8059
Luetke	Petersburg	59	56	21	994,9100
Sabine	Braſſa	60	9	42	994,9985
Kater	Unſt	60	45	25	994,9384
Biot	—	—	—	—	994,9457
Sabine	Drontheim	63	25	54	995,0132
Sabine	Hare-Island	70	26	17	995,6370
Sabine	Hammerfeſt	70	40	5	995,5312
Foſter	Port-Bowen	73	13	39	995,7724
Sabine	Grönland	74	32	19	994,7465
Sabine	Melville	74	47	12	995,8560
Sabine	Spitzbergen	79	49	58	996,0359

Bei den genauen Pendelmeſſungen ſind aber noch verſchiedene Umſtände zu berückſichtigen, welche auf die Beobachtungen von weſentlichem Einfluſſe ſind. Geſetzt man habe für einen beſtimmten Ort die Länge des Secunden-Pendels ganz genau gemeſſen, ſo iſt klar, daß das gemeſſene Pendel nur dann ein wahres Secundenpendel ſein wird, wenn die beobachteten Oscillationen, aus denen man die Zeitdauer Einer Schwingung berechnet hat, wirklich iſochroniſch waren. Mit mathematiſcher Schärfe ſind nur die Oscillationen iſochroniſch, welche unendlich kleine Bogen beſchreiben. Man wird im Reſultate daher eine Correction aufzunehmen haben, welche ſich aus der Größe des erſten und des letzten Schwingungsbogens der beobachteten Oscillationen ergibt. Ferner hat die Temperatur jedenfalls auf die Länge des Pendels einen Einfluß, und folglich auch auf die Dauer der Oscillationen. Je wärmer die Temperatur iſt, deſto länger iſt das Pendel, und ändert ſich im Laufe der Beobachtung die Temperatur, ſo wird das Reſultat nicht auf ein unveränderlich gleich langes Pendel ſich beziehen. Bei jeder Beobachtung wird daher auf die Temperatur Rückſicht zu nehmen ſein, und werden auf die Temperatur bezügliche Correctionen vorgenommen werden müſſen. Da drittens das Pendel in der Luft ſchwingt, ſo wird

jede Pendelbeobachtung verſchieden ausfallen, je nach der verſchiedenen Dichte der Luft, und ſo muß man bei derartigen Beobachtungen auch den Barometerſtand beobachten, und da endlich die Intenſität der Schwere mit der Erhebung über die Meeresoberfläche zunimmt, ſo werden vergleichbare Pendelmeſſungen verſchiedener Punkte der Erdoberfläche nur dann zu erhalten ſein, wenn bei jeder einzelnen Pendelbeobachtung auf die Erhebung des Ortes über die Meeresoberfläche Rückſicht genommen iſt.

Die Correction wegen der Größe der Schwingungsbogen bringt Wats nach der Formel

$$n' = n + \frac{n\,(a + b)\;(a - b)}{241886{,}08 \log. \frac{a}{b}}$$

an. In dieſer Formel nämlich bedeutet n die Anzahl der Schwingungen, welche wirklich beobachtet worden ſind, da der Bogen der erſten beobachteten Schwingung = a, der Bogen der letzten = b war, n′ die Anzahl der Schwingungen, welche gemacht worden wären, wenn alle Schwingungsbogen unendlich klein geweſen wären. Die Größe der Schwingungsbogen wird gewöhnlich an einem hinter dem ſchwingenden Pendel aufgeſtellten in Grade getheilten Bogen gemeſſen.

Die Correction wegen der Temperatur wird nur dann nöthig, wenn zur Zeit der Pendelſchwingungen eine andere Temperatur herrſcht, als zur Zeit, wo die Meſſung des Pendels geſchieht. Ein in der Nähe des Pendels befindliches Thermometer gibt die Temperatur = t während der Schwingungen und = t′ während der Meſſung. Bezeichnet D die Ausdehnung des Fadens für Einen Grad der Thermometerſcale, (wie ſolche im Art. Ausdehnung angegeben), und iſt l die gemeſſene, l′ die corrigirte Länge, ſo läßt ſich dieſe berechnen nach der Formel $l' = lD\,(t' - t)$. Wenn ferner die Normallänge des Maßſtabes (denn auch dieſer ändert ſeine Länge mit der Temperatur) für die Temperatur t″ beſtimmt, und die Ausdehnung deſſelben für Ein Grad (nach ſeiner Subſtanz) = D′ iſt, ſo muß die durch Meſſung auf dem Maßſtabe gefundene Größe kleiner ſein, wenn die Temperatur t″ höher als die iſt, für welche die Normallänge des Maßſtabes beſtimmt iſt, und man hat daher die Formel

$$l' = l\,\bigl(1 - D\,(t' - t) + D'\,(t' - t'')\bigr)$$

Da gewöhnlich die Temperatur t″ = 0° C iſt, ſo reducirt ſich die Formel auf $l' = l\,(1 - D\,(t' - t) + D't')$. Hier iſt alſo l′ diejenige Länge, welche das Pendel bei der Temperatur der Meſſung hat, wenn es auf dem Maßſtabe bei 0° Temperatur des letzteren gemeſſen wäre. Die Länge des Pendels bei gleichfalls 0° Temperatur = l″ iſt dann $l'' = l'\,(1 + Dt')$. Der am Pendelfaden hangende ſchwere Körper dehnt ſich aber gleichfalls durch die Wärme aus, daher auch in Bezug auf dieſen noch eine Correctur vorzunehmen iſt. Bei dem Katerſchen Pendel wird nur die Länge der Metallſtange zwiſchen beiden Meſſerſchneiden auf Temperatur corrigirt. Hat man aber eine

an einem Metallfaden ſchwingende Kugel, ſo ſinkt der Schwerpunkt derſelben proportional der Ausdehnung weiter herab. Hat man die ganze Länge des Pendels von dem unterſten Punkte der Kugel bis an den Schwingungspunkt gemeſſen, und dafür die angegebene corrigirte Länge gefunden, iſt der Halbmeſſer der Kugel = r und die Ausdehnung der Subſtanz der Kugel für Ein Grad = D″ (bei der von Borda gebrauchten Platinkugel war D″ = 0,0000086665 für 1° C.), ſo iſt die corrigirte Länge des gebrauchten Pendels

$$= L = l'' - r\,(1 + D''t').$$

Was das Katerſche Reverſionspendel betrifft, ſo hat Sabine directe Verſuche über die Ausdehnung eines derartigen Pendels bei verſchiedenen Temperaturen angeſtellt, indem er die Temperatur des Beobachtungszimmers künſtlich veränderte und die Schwingungen des nämlichen Pendels bei ungleicher Wärme zählte. Hierbei war es aber nicht wohl möglich, die künſtliche Erwärmung lange genug unverändert zu erhalten, und zur Controlirung dieſer erſteren Verſuche verglich er daher andere im Winter angeſtellte Meſſungen mit ſolchen aus der Zeit des Sommers, fand die Reſultate beider Verſuchsreihen jedoch wenig von einander abweichend und erhielt als mittlern Werth 0,44 Schwingungen einer Temperaturveränderung von 1° F. zugehörig, wonach alſo die Correction leicht zu bewerkſtelligen iſt. Eine dieſer Beſtimmung ſehr nahe kommende hatte Capt. Kater bereits früher durch directe Meſſung der Ausdehnung ſeines Pendels gefunden, nämlich 0,00000982 der ganzen Länge deſſelben für 1° F., welches einer Correction von 0,423 Schwingungen binnen 24 Stunden zugehört. Dieſe hinlänglich genau beſtimmte Correction wird daher bei allen, im Ganzen ſehr gleichförmig conſtruirten, dem Längenbüreau in London zugehörigen Pendeln in Anwendung gebracht. Meiſtens pflegen jedoch die zu wichtigen Meſſungen verwandten Pendel auf die durch Sabine befolgte Weiſe geprüft zu werden, um bei ihnen als Individuen die erforderliche Correction aufzufinden. So geſchah dieſes unter andern mit dem auf der ruſſiſchen Entdeckungsreiſe unter Capt. Lütke gebrauchten Katerſchen Reverſionspendel, welches bei den mittleren Temperaturen 31°,5 und 82°,5 F. geprüft wurde, wobei ſich fand, daß ſeine Wärmecorrection 0,458 Schwingungen für 1° F. in 24 Stunden betrug. Die Abweichung von der durch Sabine gefundenen Größe leitet Lütke von größerer Weichheit der Meſſingſtange ab.

Es wurde ſchon oben bemerkt, daß bei einem Pendel, welches aus einem Faden, an dem eine Kugel hängt, beſteht, wie das Bordaſche, der Schwingungsmittelpunkt berechnet werden müſſe. Wenn eine ſchwere Kugel an einem nicht ſchweren Faden befeſtigt, pendelartig ſchwingt, ſo liegt nach den Regeln der Mechanik der Mittelpunkt ihrer Schwingung oder das centrum oscillationis unter ihrem Mittelpunkte, und zwar um eine Größe, welche $= \frac{2\,r^2}{5\,L}$ beträgt, wenn r den Halbmeſſer der Kugel und L die Länge des Pendels von der Schwingungsaxe bis zum Mittelpunkte der Kugel bezeichnet, vorausgeſetzt, daß die Kugel aus gleich-

artiger Maſſe beſteht, und alſo überall gleiche Dichtigkeit hat. Darf man alſo bei einer Kugel aus einer ſpecif. beträchtlich ſchweren Subſtanz das Gewicht des feinen Fadens, woran ſie herabhängt, vernachläſſigen, ſo iſt hiernach die corrigirte Länge des Pendels durch Aufnahme dieſer Correction in die mitgetheilte Formel

$$L' = l'' - r\,(1 + D''t') + \frac{2\,r^2}{5\,l''}$$

Bei genauen Unterſuchungen darf man jedoch das Gewicht des Fadens nicht vernachläſſigen. Es werde daher angenommen, daß ſich über dem Aufhängepunkte des Pendels keine merklich große Maſſe deſſelben weiter befinde und alſo die Länge von dieſem Punkte an bis ans Ende der Stange, alſo von c bis b (Fig. 25.) gemeſſen werden könne; es ſei ferner das Gewicht des Fadens oder der dünnen Stange cb = p, das Gewicht des angehängten Körpers, deſſen Mittelpunkt ſich in k befindet, = p′, die ganze Länge des Pendels cb = l, die Länge bis an den Mittelpunkt k des ſchweren Körpers = L, ſo iſt allgemein die corrigirte Länge des Pendels

$$L' = \frac{\frac{1}{3}\,l^2\,p + L^2\,p'}{\frac{1}{2}\,lp + Lp'};$$

alſo für eine Kugel mit Rückſicht auf die Lage des Mittelpunktes der Schwingung in derſelben

$$L' = \frac{\frac{1}{3}\,l^2\,p + (L^2 + \frac{2}{5}\,r^2)\,p'}{\frac{1}{2}\,lp + Lp'};$$

für eine nicht ſehr dicke kreisförmige Scheibe, deren Halbmeſſer gleichfalls durch r bezeichnet werden möge,

$$L' = \frac{\frac{1}{3}\,l^2\,p + (L^2 + \frac{1}{4}\,r^2)\,p'}{\frac{1}{2}\,lp + Lp'};$$

und für eine Linſe vom Halbmeſſer des Flächendurchſchnittes = r und dem Halbmeſſer der Dicke = r′, welche ſich alſo der Kugel um ſo mehr nähert, je näher $\frac{r'}{r}$ der Einheit kommt,

$$L' = \frac{\frac{1}{3}\,l^2\,p + \left(L^2 + \frac{r^2}{20}\,(8 - 3\,\frac{r'}{r})\right)p'}{\frac{1}{2}\,lp + Lp'}.$$

Man ſieht, daß die Corection ziemlich weitläuftig iſt. Es wurde ausführlicher das Pendel von Borda, deſſen ſich auch Biot und Arago bedient haben, beſchrieben. Bei dieſem wurde die Länge des Pendels in Bezug auf die Entfernung des Schwingungsmittelpunktes vom mathematiſchen Centrum der Kugel auf folgende Weiſe corrigirt.

Es ſei die Länge vom Aufhängepunkte bis zum Centrum der Kugel L

Halbmeſſer der Platinkugel bei 0° C. .... r
Gewicht der Kugel in Grammen........................... m
Abſtand der Aufhängungsaxe bis zum Anfange des Platinfadens.. b
Abſtand des Schwerpunktes der Hülſe, womit der Draht in der Kugel befeſtigt war, vom Mittelpunkte der Kugel........ d
Gewicht des Platinfadens in Grammen........................ p
Gewicht der Hülſe in Grammen................................ n

ſo iſt Q =

$$\frac{\frac{p}{6m}\left(L+b+r+\frac{2(br-r^2-b^2)}{L}\right)+\frac{n}{m}\left(d-\frac{d^2}{L}\right)+\frac{pr^2}{5mL^2}(L+b+r)+\frac{2nr^2}{5mL}\left(L-d\right)}{1+\frac{p}{2m}\left(1+\frac{b-r}{L}\right)+\frac{n}{m}\left(1-\frac{d}{L}\right)}$$

Die Länge des Pendels wäre dieſemnach

$$L'' = l'' - r\,(1 + D''\,t') + \frac{2\,r^2}{5\,l''} - Q.$$

Weitläuftige mathematiſche Unterſuchungen ſind im Allgemeinen über den Widerſtand der Mittel, in welchen ein Pendel ſchwingen kann (gewöhnlich Luft), angeſtellt worden. Da man das mathematiſche Pendel als ſchwingend im luftleeren Raume annimmt, ſo pflegt man bei ſehr genauen Pendelbeobachtungen, die gefundene Pendellänge auf den leeren Raum zu reduciren. Bei kleinen Bogen und einem ſpecifiſch ſehr ſchweren Körper iſt indeß die Einwirkung des Luftwiderſtandes nur gering.

Mit der Erhebung über die Meeresfläche nimmt die Schwere, unter deren Einfluſſe das Pendel ſchwingt, ab.

Nennt man den Halbmeſſer der Erde r, die Höhe des Beobachtungsortes über dem Meeresſpiegel h, die bereits für die übrigen Bedingungen corrigirte Pendellänge L'', die auf die Meeresfläche zu reducirende Länge aber l'', ſo iſt $l'' = L''\left(1 + \frac{2\,h}{r}\right)$.

Man kann übrigens die Genauigkeit in Bezug auf die Reduction des phyſiſchen auf das mathematiſche Pendel noch viel weiter treiben und Correctionen in dieſer Beziehung anbringen. Die geognoſtiſche Beſchaffenheit des Bodens, die Nähe von Bergen hat großen Einfluß auf die Pendelſchwingungen, wie Sabine gefunden.

Wenn man ferner die Schneide, auf der das Pendel ſich bewegt, auch noch ſo fein macht, ſo behält ſie doch eine gewiſſe Dicke und das Pendel bewegt ſich auf der Berührungslinie eines Cylinders, wovon die Schneide einen Theil ausmacht. Dieſes erfordert eine ſehr geringe Verkürzung. Wegen ſeiner Elaſticität wird ferner der Stahl der Meſſerſchneide durch das Gewicht des Pendels zuſammengedrückt.

Die ausgebreiteſte, bekannteſte und wichtigſte Anwendung hat man vom Pendel zur Regulirung des Ganges der Uhren gemacht. Hier iſt mit dem Pendel ein Mechanismus verbunden, welcher ihm bei jeder Schwingung einen Impuls mittheilt, der genau ſo abgemeſſen iſt, daß

durch ihn die Hinderniſſe, die ſich der Pendelbewegung entgegenſtellen, überwunden werden. Das Pendel ſchwingt daher fortwährend gleichmäßig und mißt durch die regelmäßige Wiederkehr ſeiner Schwingungen die Zeit, welche Zeitmeſſung dann durch einen geeigneten Mechanismus angezeigt wird. Die Uhrpendel pflegen gewöhnlich mittelſt eines Stückes einer Uhrfeder aufgehangen zu werden, welches nach der Erfahrung der Aſtronomen für Uhrwerke vortheilhafter iſt, als wenn man ſie auf Meſſerſchneiden aufhängt. Bei den Uhren ſind wegen des fortwährend unveränderlichen Impulſes, den das Pendel erfährt, die meiſten der früher angezeigten Correctionen überflüſſig. Nur die Wärme übt einen bedeutenden Einfluß auf den Gang der Uhren aus, weil ſie, ohne ſich abhalten zu laſſen, die Länge des Pendels verändert. Da bei den Uhren eine ununterbrochene Bewegung, von welcher die Zeitmeſſung abhängt, ſtattfindet, ſo iſt man bedacht geweſen, die Uhrpendel ſo einzurichten, daß die nöthige Correction wegen des Einfluſſes der Wärme fortwährend an ihnen ſelbſt ſich vollzöge, ſ. d. Art. Compenſation.

Das Pendel iſt ferner auch in der Muſik zur Meſſung des Taktes und zur genauen Beſtimmung des Zeitmaßes angewandt worden, in welchem die verſchiedenen Tonſtücke gehalten werden ſollen. Ein derartiges Metronom, genanntes Inſtrument, hat Mälzel zuerſt conſtruirt und empfohlen. Ein gewöhnliches Pendel muß man um das vierfache verlängern, wann es noch einmal ſo lange Schwingungen machen ſoll. Hieraus ſieht man, daß es nicht bequem wäre, mit einem ſolchen Pendel von veränderlicher Länge, die verſchiedenen Zeitmaße zu beſtimmen.

Hängt man hingegen eine kürzere Stange mit einer Linſe ſo auf, daß noch ein Stück derſelben über den Aufhängungspunkt hinausragt, und iſt an dieſem Endſtücke ein kleines Gegengewicht verſchiebbar, ſo wird dieſes kurze Pendel um ſo langſamere Schwingungen machen, je höher das kleine Gegengewicht hinaufgerückt wird.

Das Metronom (vom griech. *μέτρον* das Maß und *νόμος* das Geſetz, alſo das Maß der geſetzlichen, richtigen Zeit) beſteht aus einem ſchwarzen hölzernen Kaſten in Form einer abgekürzten vierkantigen Pyramide A (Fig. 26.). Im obern Deckel derſelben ruht in kleinen Pfannen die dünne metallene Axe, wovon die hölzerne Stange dP durchbohrt iſt. Unten an dieſer etwa 0,5 Z. breiten und 0,25 Z. dicken Stange iſt eine Linſe P befeſtigt, welche dieſelbe pendelartig ſchwingen macht, an ihrem obern Ende iſt das verſchiebbare Bleigewicht p befindlich, deſſen Werth wächſt, ſo wie man es höher hinaufſchiebt. Auf der Stange von c bis d ſind Zahlen aufgetragen, auf welche das Gewicht p geſtellt wird, und dieſe ſind ſo abgemeſſen, daß ſie zugleich die Menge der Schwingungen des Pendels in einer Minute angeben, wobei ſich von ſelbſt verſteht, daß von dieſem die größeren, die mit 160 anfangen, unten ſtehn, und die kleinern, die mit 30 endigen, am obern Theile der Stange. Iſt dann irgend eine Compoſition auf die hiernach übliche Weiſe bezeichnet, z. B. 𝅗𝅥 = 36 Mälz. oder ♩ = 60 Mälz. oder ♪ = 70 Mälz., ſo heißt dieſes, das richtige Tempo findet dann ſtatt, wenn

die im bezeichneten Tonſtücke vorkommenden Noten von dem ihnen eigenen Werthe ſo lange gehalten werden, als eine Schwingung des Pendels dauert, bei welcher das Bleigewicht auf die angegebene Zahl geſtellt iſt.

Ein anderes ähnliches Inſtrument iſt der Taktmeſſer von Gottfr. Weber. — Dieſer beſteht aus einem bloßen Faden mit einer Bleikugel, kommt alſo dem einfachen Pendel ſehr nahe und dient zur Taktmeſſung, dadurch, daß man bei ungleichen Längen des Fadens die Schwingungen der Kugel zählt. Zur größeren Bequemlichkeit des Meſſens ließe ſich die Kugel an einem ſchmalen ſeidenen Bande befeſtigen, auf welches die erforderlichen, dem Metronom correſpondirenden Längen durch Zahlen gedruckt werden könnten, und das man in einer Klemme durch Aufwärts- und Abwärtsziehen gehörig feſtſtellte, um die erforderlichen Schwingungen zu erhalten, wie die Zeichnung dieſes zu beſſerer Verſinnlichung darſtellt (Fig. 27.), worin p die ſchwingende Kugel und c die Klemme bezeichnet, die am Ende eines horizontalen Armes an einer verticalen Säule angebracht iſt.*) Weber hat zu größerer Bequemlichkeit die Zählen des Mälzelſchen Metronoms auf die Längen des taktmeſſenden Pendels in rheinländiſchen Zollen, engliſchen Zollen und Metern reducirt, fängt aber erſt mit der Zahl 50 an, weil für die niedrigern das Pendel zu lang werden würde, geht dagegen weit über die bis 160 reichende Grenze des Metronoms hinaus. Folgende Tabelle iſt hieraus entſtanden.

Met.	rheinl. Zolle	Meter	engl. Zolle	Met.	rheinl. Zolle	Meter	engl. Zolle
50	54,708	1,4298	56,340	100	13,677	0,3574	14,085
52	50,581	1,3220	52,090	104	12,645	0,3305	13,022
54	46,903	1,2258	48,302	108	11,725	0,3064	12,075
56	43,613	1,1399	44,914	112	10,903	0,2844	11,228
58	40,657	1,0626	41,870	116	10,164	0,2656	10,467
60	37,992	0,9929	39,125	120	9,498	0,2482	9,781
63	34,459	0,9006	35,487	126	8,615	0,2251	8,872
66	31,398	0,8205	32,334	132	7,848	0,2051	8,083
69	28,727	0,7508	29,584	138	7,181	0,1877	7,396
72	26,383	0,6895	27,170	144	6,595	0,1723	6,792
76	23,679	0,6188	24,385	152	5,918	0,1547	6,096
80	21,369	0,5585	22,007	160	5,342	0,1396	5,502
84	19,383	0,5065	19,961	168	4,845	0,1266	4,990
88	17,661	0,4615	18,188	176	4,415	0,1154	4,547
92	16,156	0,4225	16,638	184	4,039	0,1056	4,159
96	14,839	0,3878	15,283	192	3,709	0,0969	3,820

*) Die Figur zeigt den verticalen Durchſchnitt einer 4,5 F. hohen Säule, an deren einer Seite Webers Taktmeſſer, an der andern Mälzels Metronom, welches jedoch aus einer feinen Meſſingſtange und einer auf einer Meſſerſchneide balancirten Linſe beſteht, dargeſtellt iſt.

Besonders erwähnt muß noch werden das konische Pendel oder Centrifugalpendel, welches nicht wie das bisher betrachtete in einer Ebene, sondern in einer Kegelfläche sich bewegt, und deſſen schwerer Körper mithin nicht verticale Bogen, sondern ganze horizontale Kreiſe beschreibt. Iſt es ein ſchwerer Punkt, der an einem nicht langen und nicht ſchweren bei C (Fig. 28.) befeſtigten Faden CB gebunden iſt, und ſich in einer Kegelfläche mit kreisförmiger Baſis BG bewegt, ſo hat man ein mathematiſches koniſches Pendel. Die Geſetze dieſes Pendels ſind:

1) Die Schwingungszeiten bei gleicher Länge der kon. Pendel ſtehen im umgekehrten Verhältniſſe der Halbmeſſer der kreisförmigen Baſis.

2) Die Schwingungszeiten bei gleicher Baſis ſtehen im geraden Verhältniſſe mit den Quadratwurzeln der Längen der koniſchen Pendel.

3) Verglichen mit dem gewöhnlichen Kreispendel iſt die Schwingungsdauer eines einfachen koniſchen Pendels doppelt ſo groß als die eines eben ſo langen Kreispendels.

Bringt man über einem Kegelpendel das Secunden ſchlägt, eine horizontale Platte an, deren Umfang in 60 gleiche Theile getheilt iſt, und ſetzt mit der Pendelſtange einen Zeiger in Verbindung, welcher mit dem Pendel zugleich einen Umlauf macht, ſo wird dieſer Zeiger Tertien anzeigen. Iſt ein Mechanismus vorhanden, welcher es möglich macht, den Zeiger in jedem Augenblicke zu hemmen, ohne das Pendel in ſeinem Gange zu ſtören, und es eben ſo wieder augenblicklich mit demſelben in Verbindung zu ſetzen, ſo dient dieſer Apparat zum Meſſen kleiner Zeittheilchen. Auf einen lange anhaltenden, genau der mittleren Zeit entſprechenden Gang, wie man ihn von Kreispendeln fordert, wird man freilich beim koniſchen Pendel verzichten müſſen, allein es iſt immer möglich, denſelben innerhalb kurzer Zeit ſo regelmäßig zu erhalten, daß man dadurch den Zweck, das Meſſen kurzer Zeittheilchen bis auf Tertien, vollkommen erreicht.

Eine der nützlichſten Anwendungen macht man vom koniſchen Pendel bei den Dampfmaſchinen, als Regulator (lat., Ordner). — Nach der gewöhnlichen Einrichtung beſteht daſſelbe aus einer verticalen Spindel, welche um zwei Zapfen DD (Fig. 29.) durch eine um die Rolle W geſchlungene endloſe Schnur oder einen Riemen gedreht wird. Die beiden Kugeln B, B ſind an zwei um einen Zapfen in einer verticalen Ebene beweglichen Stangen befeſtigt, deren kürzere Arme EF, EF zwei andere Arme FH, FH in Bewegung ſetzen und vermittelſt derſelben den Ring HH auf der verticalen Stange auf- und abwärts ſchieben. An dieſem Ringe iſt der eine Arm des um den Zapfen G beweglichen Hebels JK befeſtigt, deſſen anderer Arm die zur Regulirung der Maſchine dienende Stange trägt. Befindet ſich der Regulator in Ruhe, ſo ſinken die Kugeln in ihr Gewicht bis an die Stange herab, wird er aber zugleich mit den übrigen Maſchinentheilen in Bewegung geſetzt, ſo entfernen ſie ſich durch die erzeugte Schwungkraft ſtets weiter von der Stange, je mehr die Geſchwindigkeit der Umdrehung zunimmt.

Geht ihre Höhe über eine gewiſſe Grenze hinaus, ſo ſchließt bei den Dampfmaſchinen die am Hebelarme K befeſtigte Stange das Dampfrohr, damit weniger Dampf zuſtröme, oder öffnet ein Ventil, um die Kraft des Dampfes zu mindern, oder verſchließt der zum Feuer ſtrömenden Luft den Zutritt, um die Hitze zu mindern, oder hängt endlich mehre zu betreibende Maſchinentheile ein, um auch dieſe durch die genügend vorhandene Kraft arbeiten zu laſſen.

Periode (v. d. griech. *περίοδος* Umlauf) heißt jeder Zeitraum, nach deſſen Verlauf gewiſſe Erſcheinungen ſich wiederholen. Jeder Tag, jedes Jahr u. ſ. w. iſt hiernach eine Periode. Vorzugsweiſe nennt man aber größere Zeiträume in der Chronologie Perioden. Die **Julianiſche Periode** (welche für uns allein noch von Wichtigkeit iſt), umſchließt die Zeit, nach deren Verlauf ein Jahr dieſelbe Zahl des Sonnencyklus, des Mondcyklus und des Indictionencyklus (ſ. d. Art. **Cyklus**) wieder erhält; alſo $28 \times 19 \times 15 = 7980$ Jahre. Die 3 Zahlen, welche jedem einzelnen Jahre nach den 3 Cyklen zukommen, heißen die chronologiſchen Kennzeichen, und die zweite Julianiſche Periode wird alſo der erſten ſo entſprechen, daß die einzelnen Jahre derſelben mit den ebenſovielten der erſten J. Per. gleiche chronol. Kennzeichen haben. Unſere Geſchichte umfaßt bekanntlich noch nicht Eine Jul. Periode. Das erſte Jahr der Jul. Periode muß die Zahlen der Cyklen 1, 1, 1 haben. Hieraus läßt ſich berechnen, daß das erſte Jahr vor (der angenommenen) Geburt Chriſti, von welchem ab wir rechnen, das 4713. der Jul. Periode iſt, und hiernach laſſen ſich alle Jahre jeder Zeitrechnung auf die Jul. Periode zurückführen. **Joſeph Scaliger** hat dieſe Jul. Periode eingeführt, welche von allen Chronologen angenommen worden iſt, und ſo eine früher nicht erreichbare Ordnung und Ueberſichtlichkeit in die Chronologie gebracht hat.

Phosphor*) (v. d. griech. *φωσφόρος* Lichtträger), **Kunkelſcher oder Brandtſcher Phosphor, Harnphosphor** ein chemiſch einfacher Stoff, welchen 1669 **Brandt** im Harn, und nachher **Kunkel** nochmals entdeckte. Er kommt häufig, gewöhnlich mit Sauerſtoff verbunden vor, namentlich in thieriſchen Subſtanzen, in den Knochen, im Harn u. ſ. w. Derſelbe iſt bei gewöhnlicher Temperatur feſt, kommt an Härte und Zähigkeit dem Wachs gleich, iſt von blaßgelblich weißer Farbe, Fettglanz und ſtark durchſcheinend, hat ein ſpecif. Gewicht = 1,77 und ſchmilzt bei 36° R. Aus ſeiner Löſung in Oelen kryſtalliſirt er zum Theil in Nadeln und Blättchen, beſonders aus ſeiner Löſung in Steinöl, ſo wie aus ſeiner Verbindung mit Schwefel, auch beim langſamen Erſtarren großer Maſſen im Innern in regelmäßigen Oktaëdern und Rautendodekaëdern. Wenn man den geſchmolzenen Phosphor in Waſſer langſam erkalten läßt, ſo bleibt er oft bis

*) Phosphore heißen im Allgemeinen alle Subſtanzen, welche durch Beſtrahlung u. ſ. w. ſelbſtleuchtend werden, ſ. d. Art. **Licht** S. 328. ff.

zu einer Temperatur bis unter 12° R. noch flüſſig; berührt man ihn aber dann mit einem feſten Körper z. B. mit einem Eiſendrahte, ſo erſtarrt er plötzlich. Wenn man ihn im geſchmolzenen Zuſtande mit Waſſer oder Weingeiſt in einem verſchloßenen Gefäße bis zum Erkalten ſchüttelt, ſo verwandelt er ſich in einen feinen Staub, der zum pharmaceutiſch-mediciniſchen Gebrauche dient. Erhitzt man den Phosphor bis zu 240° R., ſo ſiedet er und deſtillirt in verſchloßenen Gefäßen vollſtäntig in farbloſen Dämpfen über. In atmoſphäriſcher Luft, Stickgas, Kohlenſäure u. a. Gaſen, mit Ausnahme des Sauerſtoffgaſes, verdampft der Phosphor ſchon bei gewöhnlicher Temperatur und bildet bei Gegenwart von ſauerſtoffhaltiger Luft weiße, im Dunkeln leuchtende, knoblauchartig riechende Dämpfe. Der feſte Phosphor hat ſo wenig Geruch wie Geſchmack, wird aber gelöſter Phosphor auf die Zunge gebracht, ſo hat er einen widerlich ſcharfen Geſchmack. Er iſt löslich in Weingeiſt, Aether und Oelen, aber nicht in Waſſer, weßwegen man ihn unter Waſſer aufbewahrt. Er iſt höchſt brennbar und wirkt innerlich genommen giftig. Am Lichte verwandelt ſich der Phosphor in eine braunrothe Subſtanz, welche etwas leichter als Phosphor und minder brennbar iſt. Im luftleeren Raume, in allen Gasarten, welche den Phosphor nicht verändern, ſogar unter Waſſer geht dieſe Umgeſtaltung vor ſich. Bei ſchneller Abkühlung des geſchmolzenen Phosphors nimmt derſelbe zuweilen eine ſchwarze Farbe an, doch läßt ſich durch Umſchmelzen und langſame Abkühlung die gewöhnliche gelbliche Farbe wieder herſtellen.

Aus der leichten Verbrennlichkeit des Phosphors, ſo daß er ſchon unter 0° Temperatur langſam an der Luft verbrennt, folgt die nahe Verwandtſchaft des Phosphors mit dem Sauerſtoffe. Daher kommt es auch, daß er am Tage raucht und im Dunkeln leuchtet. Er entzündet ſich aber an der freien Luft bei 60° R., ſo daß er mit heller gelbweißer Flamme brennt. In Sauerſtoffgas brennt er mit blendend weißem Lichte. Auch durch Druck und Reibung wird er entzündet. Beſtreut man ein Stückchen Phosphor mit Harz oder Schwefel, bringt es unter die Luftpumpe und exantlirt, ſo entzündet ſich der Phohphor. Andere Subſtanzen wirken ähnlich. Durch Lampenruß und Thierkohle wird die Entzündung des Phosphors ſchon bei gewöhnlicher Temperatur bewirkt. Wegen dieſer Entzündlichkeit benutzt man den Phosphor zur Herſtellung von Feuerzeugen (ſ. d. Art. Feuerzeug S. 431.). Es ſind 4 bis 5 Oxydationsſtufen des Phosphors bekannt. Das rothe Phosphoroxyd beſteht aus zinnoberrothen Flocken ohne Geſchmack und Geruch, welche ſchwer ſchmelzbar, ſpecif. ſchwerer als Waſſer, in Waſſer, Weingeiſt und Oelen unlöslich ſind. Es entzündet ſich unter Luftzutritt nur erſt nahe an der Rothglühhitze, durch ſalpetrichte und Salpeter-Säure wird es aber heftig bis zur Entzündung angegriffen und Phosphorſäure gebildet. Auch in Chlorgas entzündet es ſich leicht und mit chlorſaurem Kali zuſammengebracht, verpufft es ſchon in einer ſehr niedrigen Temperatur. — Die unterphosphorichte Säure wird als eine ſyrupdicke Flüſſigkeit von beißend ſcharfſaurem Geſchmack erhalten.

— Die phosphorichte Säure iſt im waſſerleeren Zuſtande ein weißes voluminöſes flüchtiges Pulver von knoblauchartigem Geruch und ſtechend ſaurem Geſchmack. — Die Unterphosphorſäure oder phosphorige Säure iſt nur im waſſerhaltigen Zuſtande bekannt, und ſtellt möglichſt concentrirt eine dicke, klebrige, ſyrupartige Flüſſigkeit dar, von ſchwach knoblauchartigem Geruche und ſehr ſaurem Geſchmacke. — Die Phosporſäure oder Knochenſäure macht an Kalk gebunden die Hauptmaſſe der Knochen aus. Rein und waſſerleer erhält man ſie, wenn trockener Phosphor in einer mit Queckſilber geſperrten und mit trockener atmoſphäriſcher Luft oder Sauerſtoffgas gefüllten Glasglocke verbrannt wird. Dann bilden ſich weiße Flocken die ſich an das Glas anlegen, etwas ſchwer ſchmelzbar, ziemlich feuerbeſtändig, geruchlos und von ſehr ſaurem Geſchmacke ſind. Dieſe trockene Phosphorſäure zieht unter Erwärmung ſehr begierig Waſſer aus der Luft an und bildet damit Phosphorſäurehydrat. Das möglichſt entwäſſerte Hydrat iſt eine farblos durchſichtige glasartige Maſſe von einem ſpecif. Gew. = 2. Es ſchmilzt in ſchwacher Rothglühhitze uud verflüchtigt ſich in ſchwacher Weißglühhitze ohne das Waſſer fahren zu laſſen, und gleicht übrigens der waſſerleeren Säure. Eine eigenthümliche Modification erleidet die Phosphorſäure beim glühenden Schmelzen, und heißt dann Pyrophosphorſäure. Während nämlich die gewöhnliche Phosphorſäure Silberſolution und Eiweißſtoff nicht fällt, ſchlägt die wäſſrige Löſung der Phosphorſäure Silberſolution weiß nieder und fällt Eiweißſtoff aus ſeiner Löſung in Flocken. Allmählig verwandelt ſich die Pyrophosphorſäure in gewöhnliche Phosphorſäure. Das trockene Phosphorſäurehydrat zieht auch aus der Luft Waſſer an und zerfließt, es iſt leicht löslich in Waſſer und Weingeiſt. Aus der ſehr concentrirten, wäſſerigen Löſung kryſtalliſirt es in vier- und ſechsſeitigen Säulen, welche bei gelinder Wärme wieder flüſſig werden. Mit Baſen bildet die Phoſphorſäure die phosphorſauren Salze, welche durch Glühen in pyrophosphorſaure Salze umgewandelt werden, die ein eigenthümliches chemiſches Verhalten wie die Pyrophosphorſäure zeigen. — Mit Waſſerſtoff verbindet ſich der Phosphor zu einem gelben, ſchwer ſchmelzbaren Pulver. Gasförmige Verbindungen beider Subſtanzen ſind das ſelbſtentzündliche und das nicht ſelbſtentzündliche Phosphorwaſſerſtoffgas. Jenes iſt ein farbloſes, wie faule Fiſche ſtinkendes Gas von 1,846 ſpecifi. Gewicht (gegen atmoſphäriſche Luft = 1), welches ſich bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft mit Exploſion von ſelbſt entzündet und mit heller Flamme brennt. Noch heftiger explodirt es mit Sauerſtoffgas. Es ſelbſt kann weder das Brennen noch das Leben unterhalten und wirkt daher tödlich. Das nicht ſelbſtentzündliche Phosphorwaſſerſtoffgas unterſcheidet ſich von dem vorigen nur dadurch, daß es ſich nicht bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft enzündet. — Von den übrigen Verbindungen des Phosphors ſind hier nur noch im Allgemeinen die Phosphormetalle zu erwähnen, welche feſt, meiſtens ſpröde, zum Theil metallglänzend, unlöslich in Waſſer ſind. Sie werden beim Glühen unter Luftzutritt zerlegt, wo-

bei der Phosphor verbrennt. Die Verbindungen mit den leichten Metallen werden durch Waſſer ſchnell zerlegt.

Phyſik (v. d. griech. φύσις Natur), **Naturlehre** iſt die Wiſſenſchaft von den in der Natur wirkenden Kräften, von den Geſetzen, nach denen ſie wirken, von den Erſcheinungen, in welchen jene Kräfte auftreten und von den Verſuchen, in welchen man ſie willkürlich zur Erſcheinung bringt, endlich noch von den Apparaten und Inſtrumenten, welche ſowohl zur Beobachtung jener in den Naturerſcheinungen wirkenden Kräfte, als zur Ausführung der Verſuche dienen. Da die Kräfte nicht für ſich in der Natur auftreten, ſondern durchaus nur in den Erſcheinungen, ſo iſt durch ſie auch weiter nichts bezeichnet, als eine über die Sinne hinausgehende Gemeinſchaftlichkeit unter den Erſcheinungen ſelbſt. Als Aufgabe der Phyſik kann daher mit Umgehung des unbeſtimmten, keine Vorſtellung zulaſſenden Ausdruckes Kraft ausgeſprochen werden: Beobachtung der Naturerſcheinungen und Aufzeigen ihrer Verwandtſchaft unter einander. Zu dem Zwecke müſſen die Beobachtungen mit geſchärften Sinnen, mit beſonnener Vermeidung oder Berückſichtigung der Sinnentäuſchungen angeſtellt und unter einander verglichen werden. Man ſucht die einfachſten Erſcheinungen, auf welche ſich andere als zuſammengeſetztere zurückführen laſſen, und denkt auf Mittel, Erſcheinungen durch Apparate und Inſtrumente in einer Einfachheit darzuſtellen, in welcher ſie in der Natur, wo die mannigfaltigſten Erſcheinungen ſich kreuzen, ſtören, modificiren, niemals vorkommen. Noch weiter als ſelbſt durch Inſtrumente möglich iſt, treibt man dieſe Vereinfachung in der Abſtraction, indem man das Gleichmäßige der unter den verſchiedenſten Bedingungen beobachteten möglichſt einfachen Erſcheinungen feſthält, und ſo kommt man zu den Geſetzen der Erſcheinung. Dieſe drücken alſo aus: die Art und Weiſe, in welcher eine Erſcheinung von angenommener größtmöglicher Einfachheit vor ſich geht. Aus dieſen einfachſten Erſcheinungen werden nun die zuſammengeſetzteren und verwikelteren wirklich in der Natur vorkommenden Erſcheinungen erklärt. Die Erklärung der Naturerſcheinungen beruht mithin auf der Annahme gewiſſer einfacher Erſcheinungen, und dieſe werden daher, in ſofern ſie als das eigentliche Weſen der Naturerſcheinungen angeſehen werden, Hypotheſen (griech., Vorausſetzungen) genannt. Es liegt in der Natur der Sache, daß jede Hypotheſe nur ſo weit zur Erklärung einer Naturerſcheinung dienen kann, als in dieſer jene einfachſte Erſcheinung enthalten iſt, welche in der Hypotheſe auf abſtracte Weiſe ausgeſprochen iſt. Wie ſich unſere Kenntniß von den Naturerſcheinungen erweitert, müſſen ſich die Hypotheſen nothwendig ändern. Die Hypotheſen verdrängen ſich gegenſeitig, und in der hieraus ſich ergebenden Folge derſelben überblickt man die Geſchichte der allmäligen Erweiterung unſerer Kenntniſſe von der Natur. Veraltete Hypotheſen haben aber auch nur dieſes eine hiſtoriſche Intereſſe und können daher, wo es nicht auf eine Geſchichte, ſondern auf eine Darlegung des dermaligen Standpunktes der Wiſſenſchaft ankommt, gänzlich übergangen werden, wie in dieſem Werke geſchehen. Ueberhaupt müſſen die Hy-

potheſen für den Phyſiker keine bindende Kraft haben, indem er ſich ſonſt ſelbſt des freien Blickes in die Natur und des unbefangenen Fortſchrittes in der Wiſſenſchaft beraubt. Eine Erſcheinung, die im offenbaren Widerſpruch mit gültigen Hypotheſen ſteht, darf durchaus nicht vernachläſſigt werden, ſondern iſt ein wichtiger Gegenſtand der Unterſuchung, um die Hypotheſen darnach zu berichtigen. Denn die Natur irret niemals in der Befolgung ihrer ewigen Geſetze, wohl aber irren wir in der Erkenntniß derſelben.

Die Phyſik hat zunächſt die geſammte Körperwelt zum Gegenſtande und unterſcheidet zunächſt gewiſſe allen Körpern gemeinſchaftliche Eigenſchaften, ſo wie eine durchgehende Verſchiedenheit der Körper nach drei verſchiedenen Zuſtänden, den Aggregationszuſtänden. Außerdem tritt noch eine eigenthümliche Verſchiedenheit aller Körper auf, durch welche ſie in ein eigenes Verhältniß gegen einander kommen. Theils verbinden ſich die Körper unter einander zur Darſtellung neuer Körper, theils geht ein Körper in verſchiedene Körper auseinander. Die ſo vorgehenden Veränderungen ſind wahre Umwandlungen, und das Wichtigſte iſt, daß dieſe Verbindungen und Ausſcheidungen nach beſtimmten Geſetzen geſchehen, und daß jeder einzelne Körper wie einen beſtimmten eigenthümlichen Inhalt, ſo auch eine mit dieſem Inhalte unabänderlich verbundene Form hat. Dieſe zuletzt angedeutete Verſchiedenheit aller Körper iſt zum Gegenſtande einer eigenen Wiſſenſchaft, der Chemie, genommen worden. Die zweite allgemeine Erſcheinung der Körperwelt, welche Gegenſtand der eigentlichen Phyſik iſt, iſt die Bewegung, welcher die Ruhe entgegengeſetzt iſt. Da die Ruhe auf die Bewegung als Gleichgewicht ſich bezieht, ſo handelt dieſer Theil der Phyſik von dem Gleichgewicht und der Bewegung der Körper. Eine dritte allgemeine Naturerſcheinung iſt der Schall, eine vierte das Licht, eine fünfte die Wärme und eine ſechſte endlich der Magnetismus und die Elektricität. Die beiden letztern ſind nämlich in neueſter Zeit ſo eine von der andern abgeleitet worden, daß ſie füglich zuſammengefaßt werden müſſen. Inſofern man nun von den erlangten phyſikaliſchen Kenntniſſen Anwendung macht, nicht nur die uns zunächſt umgebende irdiſche Natur zu erkennen, ſondern auch die Verhältniſſe der Weltkörper zu beſtimmen, ergibt ſich als eine beſondere phyſikaliſche Wiſſenſchaft die phyſiſche Aſtronomie. Die Erde als Weltkörper nach ihrer allgemeinen Beſchaffenheit, nach den Veränderungen die im Großen auf ihr vorgehen und nach den allgemeinen Verhältniſſen der Hauptbeſtandtheile derſelben und den ſich daraus ergebenden großartigen Erſcheinungen (z. B. der verſchiedenen Klimate), iſt Gegenſtand der phyſiſchen Geographie. Eine dritte phyſikaliſche Wiſſenſchaft: Die Meteorologie hat endlich die in der Atmoſphäre der Erde auftretenden Naturerſcheinungen speciell zum Gegenſtande.

Da man bei Aufſtellung der Geſetze, nach welchen die Naturerſcheinungen vor ſich gehen, auf Verhältnißbeſtimmungen kommt, welche mathematiſch ausgedrückt werden können, ſo kann bei der Zurückführung der zuſammengeſetzteren Naturerſcheinungen auf die einfacheren die Mathematik ſo in Anwendung kommen, daß dieſe auch als Rechnungsreſul-

tate aus den bei den einfachen Erſcheinungen auftretenden Verhältniſſen abgeleitet oder auf dieſelben zurückgeführt werden. Je complicirter eine Erſcheinung iſt, deſto complicirter wird auch die Rechnung werden. Eine beſtimmte Anwendung der erlangten phyſikaliſchen Kenntniſſe bei Herſtellung irgend eines Kunſtwerkes, z. B. einer Maſchine, wird nie möglich ſein, ohne daß auf dieſe Weiſe die Mathematik zu Hilfe genommen werde. Die Erklärung der Naturerſcheinungen kann aber der mathematiſchen Ableitung entbehren, ſobald es eben nicht auf mathematiſche Schärfe ankommt, weil die einfachen Naturerſcheinungen in den zuſammengeſetzteren ſchon für die Sinne hervortreten. Jedes durch Rechnung gefundene Reſultat muß ſich übrigens, wenn anders die Vorausſetzungen richtig waren und nicht Weſentliches unbeſtimmt gelaſſen wurde, auch wieder durch die Erſcheinung darſtellen laſſen. Die Mathematik wird in der Phyſik nie ganz entbehrt werden können, denn durch die Allgemeinheit der math. Ausdrucksweiſe, wird die Anwendung der Naturgeſetze zur Erklärung der Erſcheinungen unendlich vereinfacht. Ein Vortrag über Phyſik, welcher ſich der Mathematik völlig enthält, iſt daher nur möglich, wenn nur die einfachſten Phänomene erklärt werden, bei complicirteren wird ſich ein ſolcher ſtets mit einer Andeutung der Beziehungen der Erſcheinungen auf einander begnügen müſſen. Die Ableitungsweiſe iſt hier dieſe: daß gezeigt werde, wie durch Experimente, welche wir mit Hilfe der uns bekannten Naturgeſetze ausgeführt werden, ähnliche Erſcheinungen hervorgebracht werden, wie diejenigen ſind, die im Großen und mannigfach unbeſtimmbar modificirt in der Natur auftreten. In dieſer Weiſe verfahrend heißt die Phyſik: Experimentalphyſik. Dieſelbe hat vor der rein mathematiſchen den Vorzug, daß ſie unabhängiger von den Hypotheſen iſt, weil, wenn die Hypotheſe falſch iſt, das Mangelhafte derſelben in der mathematiſchen Phyſik vollſtändig aufgenommen und ausgeführt wird, in der Experimentalphyſik dagegen ſich ſelbſt aufhebt, weil die Natur immer es bleibt, welche unter unſeren Händen eben ſo ſtreng experimentirt, wie in den großen Naturerſcheinungen ſelbſt. Wir können die Experimente nicht nach unſeren Hypotheſen einrichten, ſondern nur höchſtens die Experimente eben ſo mißverſtehen, wie die Natur ſelbſt. Eine unbefangene Beſchreibung eines Experimentes wird daher immer ihren Werth behalten, während die ſchwierigſten Berechnungen geſtürzt ſind, wenn ein Mangel der Vorausſetzungen, auf die ſie gegründet ſind, nachgewieſen wird.

Was das vorliegende Werk betrifft, ſo macht es auf Vollſtändigkeit als Enkyklopädie der Experimentalphyſik Anſpruch, von der mathematiſchen Behandlung der Phyſik iſt aber nur das leichtere und am wenigſten entbehrliche aufgenommen worden. Auch ſind alle überflüſſigen, durch den Fortſchritt der Wiſſenſchaft als mangelhaft erwieſenen Hypotheſen vermieden worden. Die Hilfswiſſenſchaften oder eigentlich diejenigen Wiſſenſchaften, welche in der Phyſik ihre urſprüngliche Begründung haben, als Chemie,*) Chronologie, Phyſiologie ſind nur ſo weit

*) Ueber die bei der Chemie befolgten Principien, ſ. noch insbeſondere die Art. Chemie und Organiſche Körper.

aufgenommen worden, als ſie in Rückwirkung auf die Phyſik ſtehen, damit dieſes Lexicon aus ſich ſelbſt verſtanden werden könne. Mit größerer Ausführlichkeit und möglichſter Vollſtändigkeit ſind dagegen die phyſiſche Geographie und Aſtronomie behandelt worden, als Wiſſenſchaften, die weſentliche Theile der Phyſik ausmachen. — Nachſtehendes Verzeichniß enthält die intereſſanteſten noch jetzt bedeutungsvollſten Werke über Phyſik im Allgemeinen.

[illegible] Polyk. Erxleben, Anfangsgründe der Naturlehre. Gött. 1772. 1777. Mit Verbeſſerungen und vielen Zuſätzen von Lichtenberg. Gött. 1784. 1787. 4791. 1794. Ins Däniſche überſ. von Oluffen. Kopenh. 1790.

Eli Gamauf, Erinnerungen aus Lichtenbergs Vorleſungen über Erxlebens Anfangsgründe der Naturl. Wien 1811 und 1812. III. Th. 8.

W. J. G. Karſten, Anfangsgründe der Naturl. Halle 1780. 8. 2te Aufl. von F. A. C. Gren. 1790. 8.

Mayer, Anfangsgründe der Naturlehre. Gött. 1801. 1805. 1812. 1820. 1823. 6te Aufl. 1827. 8.

J. Weber, Vorleſungen aus der Naturlehre. Landsh. 1793. 8. Phyſik als Wiſſenſchaft oder die Dynamik der geſammten Natur. Ebend. 1819. Phyſik als Wiſſenſchaft in Sätzen. Ebend. 1820. 8.

Tib. Cavallo, ausführliches Handbuch der Experimentalnaturlehre in ihren reinen und angewandten Theilen. Ueberſ. mit Anmerk. von J. B. Trommsdorff. Erf. 1804 — 1806. IV. Th. 8.

G. U. A. Vieth, Anfangsgründe der Naturlehre. Leipz. 1797. 5te Aufl. 1823. 8.

F. A. C. Gren, Grundriß der Naturlehre zum Gebrauche akademiſcher Vorleſungen. Halle 1788. 8. 4te Aufl. von Karſten, 1801. 5te Aufl. von E. G. Fiſcher, 1808. 6te Aufl. von Kaſtner, 1820.

J. H. M. Poppe, Handbuch der Experimentalphyſik. Leipz. 1797. 5te Aufl. 1823. 8.

R. J. Hauy, traité élémentaire de physique etc. 2me éd. Par. 1806. II. T. 8. 3me éd. 1821; deutſch von Weiß. Leipz. 1805. 8; von Blumhof. Weimar 1804. 8.

E. G. Fiſcher, Lehrbuch der mechaniſchen Naturlehre. Berlin u. Leipz. 1805. II. Th. 8. 2te Aufl. 1819. 3te Aufl. Berlin 1827. Ins Franz. überſ. von Biot. Paris 1806. 1812 und 1819.

— — mechaniſche Naturlehre im Auszuge für den höheren Schulunterricht. (Aeltere Ausg. vom Verfaſſer, neuere von Auguſt). Berlin 1829.

Fr. Kries, Lehrbuch der Phyſik für gelehrte Schulen. Jena 1806. 1808. 1816. 1821. 8.

C. W. G. Kaſtner, Grundriß der Experimentalphyſik. Heidelberg 1809 und 10. 2te Aufl. 1820 und 21. II. Th. 8.

— — Grundzüge der Phyſik und Chemie u. ſ. w. Bonn 1821. 2te Aufl. Nürnb. 1831. 8.

J. P. Neumann, Lehrbuch der Phyſik. Wien 1818 u. 20. II. Th. 8. Neue Aufl. 1830 u. 35.

G. G. Schmidt, Handbuch der Naturlehre. 2te Aufl. Gießen 1813. II. Th.

8. Zum Gebrauche für Vorleſungen und zum eigenen Studium. Gieſſen 1826. I. Th. 8.

J. F. Fries, Lehrbuch der Naturlehre. Zum Gebrauch bei akadem. Vorleſungen. Jena 1826. 8.

J. H. Hellmuth, Volksnaturlehre zur Dämpfung des Aberglaubens. 5te Aufl. Braunſch. 1803.

J. H. M. Poppe, neue und ausführliche Volksnaturlehre. Tübingen 1825.

G. F. Parrot, Grundriß der theoretiſchen Phyſik, zum Gebrauche für Vorleſungen. Riga u. Leipz. 1809 — 15. III. Th. 8.

C. Hallaſchka, Handbuch der Naturlehre. Prag 1824 u. 25, III. Th. 8.

G. W. Muncke, Anfangsgründe der Naturlehre. Heidelberg 1819 u. 20. II. Th. 8.

— — Handbuch der Naturlehre. Heidelberg 1829 u. 30. II. Th. 8.

— — die erſten Elemente der geſammten Naturlehre zum Gebrauche für höhere Schulen und Gymnaſien. Heidelberg 1825. 1829. 3te Aufl. 1832. 8.

A. Baumgartner, die Naturlehre nach ihrem gegenwärtigen Zuſtande, mit Rückſicht auf mathematiſche Begründung dargeſtellt. Wien 1824. 8. 2te Aufl. 1826. 3te Aufl. 1829. 4te Aufl. 1832. 5te Aufl. 1835. Supplementband 1830 u. 31 in 3 Lieferungen.

A. F. Straus, Lehrbuch der beſondern und angewandten Phyſik. Mainz 1824. 8.

H. A. Brettner, Leitfaden für den Unterricht in der Phyſik auf Gymnaſien, Gewerbſchulen und höheren Bürgerſchulen. Breslau 1832. 8.

K. C. Schneider, Grundriß der Gewerb-Naturlehre oder techniſchen Phyſik. Caſſel 1829. 8.

B. Gouilloud, Grundzüge der Phyſik, angewendet auf Künſte und Gewerbe. Aus dem Franz. von L. H. A. Hoyer. Weimar 1828.

H. W. Brandes, Vorleſungen über die Naturlehre. Leipz. 1830 — 32. III. Th. 8.

J. B. Biot, Traité de physique expérimentale et mathématique. Par. 1816. IV. T. 8.

— — Précis élémentaire de physique expérimentale. Par. 1817. 3me éd. Par. 1824. II. T. 8. Deutſch von Wolf. Berlin 1819. Mit vielen Zuſätzen von Fechner. Leipz. 1828 u. 29. V. Th. 8.

Desprez, Traité élémentaire de physique. Par. 1825. 2me éd. 1830. 8.

Pouillet, Élémens de physique expérimentale et de météorologie. Par. 1828. 2me éd. 1831. II. T. 8.

Gay-Lussac, Cours de physique; recueilli et publié par Gosselin. Par. 1827 u. 28.

J. S. T. Gehler, Phyſikaliſches Wörterbuch, oder Verſuch einer Erklärung der vornehmſten Begriffe und Kunſtwörter der Naturlehre u. ſ. w. Leipz. 1787 — 95. VI. Th. 8. Der 5te iſt ein Supplementband, der 6te enthält die Regiſter. — Daſſ. neu bearbeit. von Brandes, Gmelin, Horner, Muncke, Pfaff; Bd. I. bis VIII. (bis S, fehlt M). Lpz. 1825 — 35.

J. C. Fiſcher, Phyſikaliſches Wörterbuch, oder Erklärung der vornehmſten, zur Phyſik gehörigen Begriffe und Kunſtwörter, ſowohl nach atomiſtiſcher als auch nach dynamiſcher Lehrart betrachtet u. ſ. w. Gött. 1798 — 1804.

V. Th. 8. Th. VI. Supplementband, Th. VII. Regiſter, Th. VIII.—X. Supplementbände 1823 — 27.

Journal der Phyſik von Gren. Leipz. 1790 — 93. VIII. Th. 8.

Deſſen neues Journal der Phyſik. Leipz. 1795 — 97. IV. Th. 8.

Gilberts Annalen der Phyſik 1797 — 1808. XXX. Th. 8. Mit beſonderem Titel als: Neue Folge. Leipz. 1809 — 24, zuſammen LXXVI. Th. und 1 Th. Regiſter. Fortgeſetzt in: Annalen der Phyſik und Chemie; herausgegeben zu Berlin von J. C. Poggendorff. Wird fortgeſetzt.

Neues allgemeines Journal der Chemie von Gehlen. 1803 — 5. VI. Th. 8. Fortſetzungen deſſelben ſind:

1) Journal für die Chemie und Phyſik von Gehlen. 1806 — 10. IX. Th. 8.
2) Neues Journal für Chemie und Phyſik von Schweigger. Nürnberg 1811 — 30. LX. Th. 8.
3) Neues Lehrbuch der Chemie und Phyſik von Schweigger-Seidel. Halle 1831. Wird fortgeſetzt.

K. W. G. Kaſtner, Archiv für die geſammte Naturl. Nürnb. 1824 — 29. XVIII. Th. Archiv für Chemie und Meteorologie 1830 ff. Wird fortgeſetzt.

Froriep, Notizen aus dem Gebiete der Naturwiſſenſchaften und Heilkunde. Weimar 1821 ff. Jährl. II. Th. 4. Wird fortgeſetzt.

Zeitſchrift für Phyſik und Mathematik. Von A. Baumgartner und A. v. Ettingshauſen. Wien 1826 ff. 8. Wird fortgeſetzt als Zeitſchrift für Phyſik u. ſ. w. von Baumgartner. Wien 1832 ff. (Bis jetzt X. Th. 8.)

G. Th. Fechner, Repertorium der Experimentalphyſik. 3 Bde. Lpz. 1832. (Soll fortgeſetzt werden).

J. Berzelius, Jahresbericht über die Fortſchritte der phyſ. Wiſſenſch., deutſch von Wöhler. Tübingen. (Geht fort).

Annales de Chimie cet. Par. 1789 — 1815. XCVI. T. 8. Fortgeſ. in:

Annales de Chimie et de physique par Gay-Lussac et Arago. Par. 1816. Wird fortgeſetzt.

Bulletin des Sciences mathématiques, physiques et chimiques. Publié sous la direction de M. le Baron de Ferussac. Par. 1823 — 1831. Jährl. XII. Hefte.

Piſtole, elektriſche, Knallpiſtole, Donnerbüchſe iſt ein, in Geſtalt einer Piſtole oder kleinen Kanone gebrachtes Gefäß, welches mit explodirender Luft gefüllt und mit einem Stöpſel verſchloſſen wird. Mittelſt des elektriſchen Funkens wird die Knallluft im Innern des Gefäßes entzündet, welche nun explodirt und mit einem ſtarken Knalle den Kork heraus treibt. Fig. 30. ſtellt einen ſolchen Apparat vor. Das Gefäß iſt ziemlich ſtark und gewöhnlich von Metall. Seitwärts iſt am Boden eine Glasröhre eingekittet, welche einen Metalldraht enthält, der an ſeinen beiden Enden mit Metallkugeln verſehen iſt und deſſen innere Kugel einer anderen kleinen Metallkugel in geringer Entfernung gegenüber ſteht. Hat man nur eine mit Waſſerſtoffgas gefüllte Flaſche, ſo hält man die Donnerbüchſe mit ihrer geöffneten Mündung einige Secunden über die geöffnete Waſſerſtoffgasflaſche. Das Gas ſteigt in der Büchſe auf und miſcht ſich mit der darin enthaltenen atmoſphäriſchen Luft zu Knallgas. Hierauf treibt man den Korkſtöpſel in die Oeffnung der Büchſe, und läßt zwiſchen b und dem Deckel ei-

nes Elektrophors oder einer kleinen Leidner Flaſche einen Funken überſpringen; ſogleich ſpringt auch ein Funke zwiſchen den Kugeln im Innern des Gefäßes über und die Exploſion erfolgt. Hat man zuviel Waſſerſtoffgas in das Gefäß gelaſſen, ſo detonirt es nicht, man nimmt dann den Stöpſel heraus und treibt durch einige Schläge mit flacher Hand auf die Mündung der Piſtole einige atmoſphäriſche Luft hinein, verkorkt wieder und wiederholt den Verſuch. — Hierbei geſchieht die Bereitung der Knallluft nur auf ſehr oberflächliche Weiſe Man hat daher Apparate ausgedacht, bei welchen die Vermiſchung der atmoſph. Luft mit dem Waſſerſtoffgas genau nach dem gehörigen Verhältniſſe (5 : 2) vorgenommen werden kann, oder wo vorher bereitete Knallluft eingefüllt wird. Bei Verſuchen in dieſer Beziehung fand Ingenhouß daß die Dünſte des Schwefeläthers der atmoſph. Luft oder noch beſſer dem Sauerſtoffgaſe beigemiſcht, eine noch weit ſtärker explodirende Luft gaben, als ein bloßes Gemiſch von Waſſerſtoffgas und Sauerſtoffgas. Starke Inſtrumente wurden bei der Exploſion zertrümmert, nicht ohne Gefahr für die Umſtehenden. Pickel erfand daher eine eigene zum Geſchwindſchießen bequem eingerichtete Piſtole, bei welcher auch um die Gefahr des Zerſprengens zu verhüten, auf eine hinlängliche Dicke der Wände gehörige Rückſicht genommen war. Pfaff theilt folgende Beſchreibung derſelben mit. Ihr Körper iſt cylindriſch, an einem Ende in eine Kugel ausgehend, und faßt 14 Cubikzoll Luft. Es paßt ein Stempel darein, durch deſſen Stange ein Kanal der ganzen Länge nach durchgebohrt iſt; ein Maßſtab auf der Stange zeigt, wie viele Kubikzolle der durch die Zurückziehung entſtandene Raum faßt. Der Kanal des Stempels hat einen Hahn und daran kann eine mit Knallluft gefüllte Blaſe geſchraubt werden. Zieht man nun bei geöffnetem Hahne den Stempel zurück, ſo tritt ſo viel Knallluft, als der Maßſtab anzeigt, aus der Blaſe in den Körper der Piſtole. Durch die Seitenwand dieſes Körpers iſt ein Stück Meſſing eingeſchraubt, durch welches ein Meſſingdraht in einer Glasröhre iſolirt und auswendig in einen Knopf endigend, hindurchgeht. Dieſes Drahtes inneres Ende biegt ſich gegen das Metall der Piſtole, darf aber dem Gange des Stempels nicht im Wege ſtehn, was nur bei einer bedeutenden Dicke der Wandungen der Piſtole ausführbar iſt. Iſt der Körper der Piſtole mit Knallluft gefüllt, ſo wird der Hahn geſchloſſen und der Knopf des Drahtes mit dem abgehobenen Deckel eines Elektrophors oder dem Knopfe einer geladenen Flaſche berührt. Nach dem erſten Abfeuern wird der Stempel wieder hineingeſtoßen, eine neue Kugel oder ein Korkſtöpſel vorgelegt, der Hahn geöffnet und der Körper der Piſtole durch Zurückziehung des Stempels aufs neue geladen, worauf man den Hahn wieder ſchließt und zum zweitenmale abfeuert. So kann man in einer Minute 8 bis 10 Schüſſe thun. Hat man in der Blaſe brennbare Luft, die man in einem gegebenen Verhältniſſe mit gemeiner miſchen will, ſo dient dazu der Maßſtab. Der Stempel wird noch vor Einbringung der Kugel oder des Korkſtöpſels bei geſchloſſenem Hahne bis auf den gehörigen Grad zurückgezogen, wodurch ſich der nöthige Raum mit gemeiner Luft füllt. Verſtopft man alsdann die Mündung der Piſtole mit einem Stöpſel,

öffnet den Hahn und zieht den Stempel völlig zurück, ſo kommt der erforderliche Theil brennbarer Luft aus der Blaſe hinzu. Zur Abbrennung des Aetherdunſtes mit atmoſphäriſcher Luft oder mit Sauerſtoffgas hat Ingenhouß im vordern koniſchen Theile des Stempels eine kleine durchlöcherte Kammer angebracht, in die ein Stückchen Schwamm, mit Hofmanns Liquor oder mit Schwefeläther getränkt, eingelegt wird. Durch dieſe Kammer muß die gemeine Luft oder das Sauerſtoffgas, für welchen Fall man vorher eine damit gefüllte Blaſe an den hintern Hahn der Piſtole angeſchraubt hat, beim Zurückziehen des Stempels durchſtreichen und nimmt dann den Dunſt in ſich auf. Nimmt man hierbei Sauerſtoffgas, ſo wird der Knall dem Gehöre faſt unerträglich und die Exploſion ſo heftig, daß man von der Haltbarkeit der Piſtole ſehr gewiß verſichert ſein muß. Zur Entzündung dieſer Art von Knallluft iſt indeſſen ein etwas ſtärkerer Funken erforderlich, am beſten aus einer kleinen, aber ſtark geladenen Leidner Flaſche. Aus der Zeichnung (Fig. 31.) erhält man leicht eine Ueberſicht der äußern Geſtalt des Apparats, der innere Bau ſeiner Theile aber wird am beſten aus der Darſtellung des Durchſchnittes (Fig. 32.) erkannt. Der Körper derſelben iſt ein ſtarker Cylinder k k von gegoſſenem Meſſing oder Kanonenmetall, welcher vorn in einen Kegel endigt, der mittelſt einer ſtarken Schraube an dem Cylinder hält, übrigens aber auch angelöthet werden könnte. Die Mündung dieſer Piſtole iſt ſehr weit, damit man einen dicken Stöpſel einkeilen kann. Will man mit einer Kugel ſchießen, ſo ſchraubt man einen engern Lauf an. Der Stempel A läuft, um ſich an den vordern Theil der Piſtole genau anzulegen, in einen Kegel aus. Der walzenförmige Theil des Stempels, der an die inneren Wände der Piſtole andrückt, iſt mit einem gut ausgeſuchten und genau nach der Höhle der Piſtole gearbeiteten Korke verſehen. Der vordere koniſche Theil des Stempels hat eine kleine Kammer oder Höhle, die man öffnen kann, wenn man die Platte, welche die Spitze des abgeſchnittenen Kegels macht, abſchraubt. Dieſe Kammer dient dazu, um einen mit Aether, Hofmannſchen Tropfen oder einer andern leicht verdunſtbaren brennbaren Flüſſigkeit getränkten Schwamm aufzunehmen, und hat ſeitwärts eine kleine Oeffnung, durch welche die Luft und mit dieſer die Dünſte in die Höhle der Piſtole übergehen können. Der Stempel A iſt an der meſſingenen Stange oder Handhabe B befeſtigt, durch deren Mitte ein ziemlich weiter Kanal hinläuft, der auch im Stempel ſich bis zu deſſen vorderer Kammer fortſetzt. Dieſer Kanal unterhält eine Gemeinſchaft mit dem Hahne C, wenn dieſer ſo gedreht iſt, wie es die Figur zeigt; gibt mam ihm aber eine Viertelwendung, ſo iſt die Gemeinſchaft abgeſchnitten. Das Stück Meſſing Q, verſehn mit einem Hahne E und der aufgebundenen Blaſe F, kann auf eine Glocke aufgeſteckt werden, um mit dem Gaſe in derſelben die Blaſe zu füllen, welches demnächſt nach Oeffnung des Hahns durch den Kanal in den Körper der Piſtole ſtrömt, wenn nach Schließung der Mündung und beim Zurückziehen des Stückes A ein leerer Raum darin entſteht. Mitten aus dem Raume im hohlen Cylinder erhebt ſich ein Meſſingdraht, welcher oben mit einer Kugel N verſehen iſt und, um ihn zu iſoliren,

mittelſt Siegellacks in einer Glasröhre befeſtigt wird. Dieſe Glasröhre iſt wieder in das Stück Meſſing P, das mit ſeiner Schraube in den hervorragenden Theil der Piſtole O eingreift mittelſt Siegellacks eingekittet. Dieſer Meſſingdraht iſt da, um den elektriſchen Funken in die Piſtole hineinzuleiten; er muß aber ſchon in der Höhle des hervorſteſtehenden Theiles O endigen, damit er der freien Bewegung des Stempels nicht im Wege ſtehe.

Planeten (v. d. griech. πλανάω irren, daher eigentlich Irrſterne), **Wandelſterne** heißen diejenigen Sterne, welche unter den Geſtirnen des Himmels keinen unveränderlichen Ort einnehmen, wodurch ſie ſich von den Fixſternen unterſcheiden. Man erblickt ſie in der Nähe bald des einen, bald eines andern Fixſternes. Die Alten, welche allein an dieſer Bezeichnung der Planeten feſthielten, nannten auch die Sonne und den Mond Planeten. Jetzt bezeichnet man mit dieſem Namen nur diejenigen Weltkörper, welche in elliptiſchen Bahnen um die Sonne, die in dem einen Brennpunkte dieſer Bahnen ſteht, ſich herum bewegen. Man weiß, daß die Bewegung der Sonne nur ſcheinbar iſt, indem ſie in Wahrheit ein Fixſtern iſt, und daß der Mond um die Erde und nur erſt mit dieſer um die Sonne ſich herum bewegt. Solche Begleiter oder Monde haben auch andere Planeten, und man nennt ſie zum Unterſchiede von dieſen **Nebenplaneten**, (ſ. d. Art.). Die Geſammtheit aller um die Sonne ſich herum bewegenden Haupt- und Nebenplaneten heißt das **Planetenſyſtem**, oder mit dem Fixſterne, um welchen ſie ſich bewegen, das **Sonnenſyſtem**. Die Erde iſt einer der Hauptplaneten, und mit dieſer kennen wir überhaupt 11 Planeten, welche ſich außer durch ihre Bewegung auch noch durch ihr matteres Licht unter den Geſtirnen des Himmels auszeichnen, ſo wie dadurch, daß ſie durch Fernrohre betrachtet, einen meßbaren Durchmeſſer zeigen, wogegen die Fixſterne ſämmtlich, mit Ausnahme der Sonne, auch vor den ſchärfſten Fernrohren nur als Punkte erſcheinen. Man hat den Planeten eigene Namen und Zeichen gegeben, und hiernach ſind ſie nach der Reihenfolge, in welcher ſie von der Sonne abſtehen, folgende:

Merkur (Zeich. ☿), welcher ſchon den Alten bekannt war.
Venus (Zeich. ♀), welche ſchon den Alten bekannt war.
Erde (Zeich. ♁).
Mars (Zeich. ♂), welcher ſchon den Alten bekannt war.
Veſta (Zeich. ⚶), welche den 29. März 1807 von **Olbers** entdeckt wurde.
Juno (Zeich. ⚵), welche den 1. Septbr. 1804 von **Harding** entdeckt wurde.
Ceres (Zeich. ⚳), welche am 1. Jan. 1801 von **Piazzi** entdeckt wurde.

Pallas (Zeich. ⚴), welche am 28. März 1802 von Olbers entdeckt wurde.

Jupiter (Zeich. ♃), welcher ſchon den Alten bekannt war.

Saturn (Zeich. ♄), welcher ſchon den Alten bekannt war.

Uranus (Zeich. ⛢), welcher am 13. März 1781 von Herſchel entdeckt wurde.

Zum Planetenſyſteme gehören nun noch der eine Mond der Erde, die 4 Monde des Jupiter, die 6 Monden des Uranus und die 7 Monde des Saturn, ſo wie der Doppelring dieſes Planeten.

Was die Bewegung der Planeten betrifft, ſo bemerkt man im Allgemeinen, daß dieſelben, wie die Sonne und der Mond, außer der täglichen ſcheinbaren Bewegung, die ſie mit den Firſtirnen gemein haben, unter den Firſternen gegen Oſten fortrücken. Dieſe Bewegung iſt aber minder regelmäßig, als bei Sonne und Mond, und zuweilen geht ſie ſogar in eine entgegengeſetzte Bewegung nach Weſten über, zuweilen endlich ſcheint eine völlige Unterbrechung dieſer Bewegung, ein völliger Stillſtand der Planeten einzutreten. Die Wechſel in der Bewegung der Planeten ſind aber, wie aufmerkſame Beobachtung zeigt, regelmäßig wiederkehrend, und zeigen ſich von dem Stande der Planeten abhängig, oder was daſſelbe, von dem Winkel, welchen die Geſichtslinien von unſerm Auge nach der Sonne und nach den Planeten unter ſich bilden. Die nach Oſten gerichtete Bewegung heißt die directe oder rechtläufige, die nach Weſten gerichtete die retrograde oder rückläufige, und ein Planet, der eine Zeit lang ſeine Stellung gegen die Firſterne nicht verändert, heißt ſtationär oder ſtillſtehend.

Untere Planeten heißen diejenigen Planeten, welche der Sonne näher als die Erde ſtehen. Sie ſind Merkur und Venus. Obere Planeten dagegen heißen die 8 übrigen, welche von der Sonne weiter als die Erde entfernt ſind. Die untern Planeten unterſcheiden ſich in Bezug auf ihre ſcheinbare Bewegung von den obern Planeten. Jene nämlich entfernen ſich ſcheinbar niemals weit von der Sonne, während dieſe am Himmel in alle mögliche Entfernungen von der Sonne zu ſtehen kommen. Wenn die unteren Planeten der Sonne am nächſten ſtehen und ihre Scheibe ganz beleuchtet, wie der Mond im Vollichte und zugleich am kleinſten erſcheint, ſo iſt ihre directe Bewegung zugleich am ſchnellſten, oder ſie entfernen ſich am geſchwindeſten von der Sonne gegen Oſt. Wenn auf dieſe Weiſe Merkur nahe 23 Gr. öſtlich von der Sonne ſich entfernt hat, kommt er wieder zu ihr zurück, obſchon ſeine Bewegung gegen die Firſterne noch immer direct, aber auch ſchon ſehr langſam geworden iſt. Wenn er auf dieſem Gange zur Sonne etwa 18 Gr. von ihr abſteht, verſchwindet ſeine Bewegung gänzlich und er wird ſtationär. Bald darauf nimmt er eine retrograde Bewegung an, die immer geſchwinder wird, und mit welcher er ſich der Sonne noch weiter nähert, bis er ſie endlich erreicht, und da er jetzt in ihren Strahlen ſchwimmt, für uns ganz unſichtbar wird. Während dieſer ganzen Periode hat ſeine ſcheinbare Größe immer zugenommen, aber von ſeiner

Scheibe iſt nach und nach immer ein kleinerer Theil auf der weſtlichen oder der Sonne zugekehrten Seite beleuchtet, wie wir dieß bei dem abnehmenden Monde bemerken, bis ſie endlich am Ende dieſer Periode, wie der Mond im Neulichte gänzlich verſchwindet. Wenn er ſo zum zweitenmale in die Nähe der Sonne gekommen iſt, ſo iſt ſeine retrograde Bewegung am ſchnellſten. Bald darauf entfernt er ſich mit einer immer ſchwächer werdenden Geſchwindigkeit auf der Weſtſeite von der Sonne, bis er in der weſtlichen Entfernung von 18° wieder eine Zeitlang ſtillſteht. Wenn er dann mit einer allmählig ſchneller werdenden directen Bewegung ſich bis 23° von der Sonne entfernt hat, fängt er an ſich ihr zu nähern, und kommt endlich, wenn ſeine directe Bewegung am größten iſt, wieder bei ihr, d. h. wieder in dem Punkte an, von welchem er im Anfange der erſten Periode ausgegangen iſt, um fortan dieſelben Erſcheinungen in der aufgezählten Ordnung zu wiederholen. Während dieſer zweiten Periode hat ſeine ſcheinbare Größe immer abgenommen, aber ſeine öſtliche, d. h. ſeine der Sonne zugewendete Seite wurde wie der zunehmende Mond immer mehr und mehr beleuchtet, während die weſtliche Seite dunkel blieb, bis ſie endlich am Ende der zweiten Periode wie der Mond im Vollicht glänzend beleuchtet iſt. Die Dauer jeder dieſer zwei Perioden iſt nahe 58 Tage, alſo die Zeit, welche den ganzen Wechſel dieſer Erſcheinungen umfaßt, 16 Tage; die Zeit aber, während welcher Merkur eine retrograde Bewegung hat, beträgt $17\frac{1}{2}$ Tage und der Bogen, den er während dieſer rückläufigen Bewegung beſchreibt, iſt nahe $12\frac{1}{2}$ Grad. — Ganz ähnliche Erſcheinungen bietet auch die Venus dar, nur ſind die ſo eben für Merkur angeführten Zahlen bei dieſem Planeten durchaus etwas größer. Seine größte Ausweichung von der Sonne beträgt $46\frac{1}{2}$ Grad, während die Ausweichung zur Zeit des öſtl. und weſtl. Stillſtandes 28 Grad hat. Die Zeit einer jeden der zwei Perioden der Venus beträgt 291, alſo die des ganzen Wechſels der Erſcheinungen 582 Tage, und die Zeit ihres Rückgangs 41 Tage, ſo wie endlich der Bogen ihres Rückganges nahe 16 Grade umfaßt. Beide Planeten endlich ſtehen während der Zeit ihrer erſten Periode öſtlich von der Sonne, gehen alſo als Abendſterne nach der Sonne unter, während ſie in der zweiten Periode der Sonne weſtlich ſtehen, oder als Morgenſtern vor ihr auf und unter gehen. — Anders ſind dieſe Erſcheinungen bei den ſogenannten oberen Planeten; Mars z. B. hat, ſo wie jene, ſeine größte öſtl. Bewegung und zugleich ſeine kleinſten Durchmeſſer zu der Zeit, wo er uns ganz nahe bei der Sonne erſcheint. Aber dieſe Geſchwindigkeit nimmt mit der öſtl. Entfernung von der Sonne immer ab, und verſchwindet endlich in der Entfernung von 137 Grad, wo er unter den Fixſternen eine kurze Zeit ſtill zu ſtehen ſcheint, und bald darauf mit einer immer ſchneller werdenden retrograden Geſchwindigkeit noch weiter von der Sonne ſich entfernt. Wenn er der Sonne gerade gegenüber kömmt, oder um Mitternacht durch den Meridian geht, iſt ſeine retrograde Bewegung, ſo wie auch ſein ſcheinbarer Durchmeſſer, am größten. Von dieſem Punkte nimmt ſeine Geſchwindigkeit allmählig ab, bis ſie in der Entfernung von 137° auf der Weſtſeite der Sonne wie-

der verſchwindet, und der Planet daher wieder ſtationär wird. Bald darauf nimmt er ſeine öſtl. oder directe Bewegung wieder an, und nähert ſich mit einer immer größeren Geſchwindigkeit wieder der Sonne, die er endlich mit ſeiner größten directen Bewegung und mit ſeinem kleinſten ſcheinbaren Durchmeſſer erreicht, um von ihr aus wieder eine neue Periode derſelben Erſcheinungen zu beginnen. Die Dauer und Größe dieſer einzelnen Phänomene für die einzelnen oberen Planeten enthält die folgende kleine Tafel:

	Dauer der ganzen Periode	Ausweichung v. d. Sonne beim Stillſtande	Bogen des Rückgangs	Dauer des Rückgangs
Mars	780,4 Tage	137 Grade	14 Grade	70 Tage
Jupiter	398,8	117	10	119
Saturn	378,0	108	7	136
Uranus	369,7	102	4	150

Uebrigens ſind dieſe Zahlen nur die mittleren von denjenigen, die man in der That beobachtet, und dieſe letzteren ſind oft nicht unbeträchtlich von jenen verſchieden. So verändert ſich die Ausweichung des Mars bei ſeinem Stillſtande von 129 bis 147 Grad, und die Dauer ſeines Rückganges von 60 bis 80 Tagen, und ähnliche Variationen hat man bei allen übrigen Planeten bemerkt. — Bisher haben wir nur die Bewegung der Planeten in ihrer Länge betrachtet, und ſie iſt, wie man ſieht, bereits nicht wenig verwickelt. Allein noch viel verwickelter wird ſie, wenn man, wie man ſoll, zugleich auch auf die Veränderungen ihrer Breite Rückſicht nimmt.*)

*) Um dieß durch ein Beiſpiel zu zeigen, theilt Littrow (aus deſſen „Wunder des Himmels, Stuttg. 1834" dieſe Beſchreibung des ſcheinbaren Laufes der Planeten entnommen iſt) die kleine Charte (Fig. 33.) mit, welche für die Monate Februar bis September des Jahres 1835 den Lauf der Sonne ſowohl, als auch den des Merkurs, wie er von der Erde in Beziehung auf den Aequator erſcheint, zeigt. Die gerade Linie o o ſtellt den Aequator vor, auf welchem die Rectaſcenſionen in Stunden I. II. III. genommen ſind, deren jede 15 Grade enthält, und ſenkrecht darauf ſtehen die in Grade getheilten Declinationskreiſe. Der Lauf der Sonne iſt durch die krumme Linie A B C.. F und der des Merkurs durch a b c.. f vorgeſtellt, ſo daß die Zeichen A und a den Ort der Sonne und des Merkurs für den 1. März, B und b für den 1. April, C und c für den 1. Mai .... und F und f für den 1. Auguſt des Jahres 1835 angeben. So iſt z. B. für die Punkte C und c oder für den 1. Mai die Rectaſcenſion der Sonne 2h 30′ und die des Merkurs 1h 25′; die nördliche Declination der Sonne aber 15° und die von Merkur 6°. Schon der erſte Blick auf dieſe Charte zeigt die große Unregelmäßigkeit des Laufes der Planeten, während die Bahn

Alle dieſe ſcheinbaren Unregelmäßigkeiten in dem Gange der Planeten erklären ſich aus den verſchiedenen Stellungen, die ſie, (welche wie die Erde ſich um die Sonne bewegen,) von der Erde aus betrachtet gegen Sonne und Fixſterne nothwendig annehmen müſſen. Dieſer Grund geht ſchon aus der Periode, regelmäßigen Wiederholung, der ſcheinbar ſo verwickelten Erſcheinungen hervor. Das Rückgehen der Planeten, wobei ſie ſcheinbar eine Schlinge in ihrer Bahn machen, geht ſtets in der

---

der Sonne als ein einfacher größter Kreis des Himmels erſcheint. Im Allgemeinen geht zwar auch Merkur von Weſt gegen Oſt, indem er die in derſelben Richtung fortſchreitende Sonne bald in geringer, bald in einer größern Entfernung begleitet, aber dieſe directe Bewegung des Planeten wird ſelbſt in dieſer kurzen Zeit mehr als einmal unterbrochen. So erſcheint er in Rectaſcenſion ſtationär am 1. März oder in dem Punkte a, wo die Richtung ſeiner Bahn ſenkrecht auf dem Aequator iſt, und daſſelbe iſt der Fall am 24. März, am 4. Jul. und am 29. Jul., und ſeine Bewegung iſt daher retrograd vom 1. bis 25. März durch einen Bogen von 11,5 Grad, und vom 4. bis 28. Jul. durch einen Bogen von 11,0 Grad. Nicht geringeren Veränderungen iſt auch die Deklination dieſes Planeten unterworfen. Im Anfange des Jahres 1835 war ſeine ſüdliche Deklination am größten, und nahm von da ab, bis Merkur am 26. Febr. durch den Aequator ging. Dann wächſt die nördliche Deklination, aber nur bis zu einem Grad am 4. März, wo ſie ſtationär iſt, weil dann die Bahn des Planeten eine gegen den Aequator parallele Lage annimmt. Bald darauf nimmt dieſe ohnehin nur kleine nördliche Deklination wieder ab, bis Merkur am 10. März zum zweiten Male durch den Aequator geht, und ſeine ſüdliche Deklination bis zum 29. März wächſt, wo ſie wieder am größten und ſtationär iſt. Darauf nähert er ſich wieder dem Aequator, den er am 21. April zum dritten Male ſchneidet. Von dieſem Punkte an wächſt die nördliche Deklination durch längere Zeit bis zum 4. Jun., wo ſie ihren größten Werth von 26° erhält, und von da wieder abnimmt, bis ſie am 14. Jul. ihren kleinſten Werth von 16° hat, und ſtationär wird. Von dieſem Punkte an wächſt die Deklination wieder, bis ſie am 8. Aug. neuerdings ihren größten Werth von 20° erhält, einige Zeit durch ſtationär iſt, und dann allmählig wieder kleiner wird, indem der Planet ſich dem Aequator nähert, um ihn erſt am 14. Septbr. zu erreichen. Am 22. Febr. und am 19. Jun. hat Merkur ſeine größte öſtliche, und am 7. April und 5. Aug. ſeine größte weſtliche Ausweichung von der Sonne. Im Gegentheile ſteht er am 14. März, 17. Mai, 16. Jul. und 29. Aug. der Sonne am nächſten, doch mit dem Unterſchiede, daß ſein Durchmeſſer am 14. März und 16. Jul. am größten, aber beinahe ganz unbeleuchtet, am 17. Mai und 28. Aug. aber am kleinſten, und ganz vollbeleuchtet erſcheint. Auch ſteht Merkur vom 11. Febr. bis 14. März, ſo wie vom 17. Mai bis 16. Jul. öſtlich von der Sonne, und geht daher erſt in den Nachmittagsſtunden durch den Meridian, während er vom 14. März bis 17. Mai, und vom 16. Jul. bis 29. Aug. weſtlich von der Sonne ſteht, und in den Morgenſtunden culminirt.

Nähe ſeines Stillſtandes vor und um die Zeit, wo der Planet entweder bei der Sonne oder für die oberen Planeten ihr gerade gegenüberſteht, und wo der Durchmeſſer des Planeten am größten erſcheint, d. h. wann er der Erde am nächſten iſt. Zwar verändern ſich die Orte am Himmel, wo dieſe Erſcheinungen ſtattfinden, alljährlich, aber die Stellung der Planeten gegen die Sonne zu jenen Zeiten iſt ſtets dieſelbe, und die Zeiten, welche von einer Zurückkunft des Planeten bis zur nächſten vergehen, bleiben ſich gleich, wenigſtens läßt ſich eine mittlere Größe angeben, von der ſie unbedeutend abweichen. Dieſe Revolutionen (Umwälzungen) der Planeten in Beziehung auf die Sonne werden ſynodiſche Umläufe genannt. Die ſynod. Revolution des Merkur iſt 115,87 Tage, der Venus 583,92, des Mars 779,88, der Veſta 505,0, der Juno 474,0, der Pallas und Ceres 466,5, des Jupiter 398,8, des Saturn 378,0 und des Uranus 369,7 Tage. Durch dieſe Revolutionen werden die Erſcheinungen des Stillſtandes und des Vor- und Rückwärtsgehens der Planeten gleichſam regulirt, ſo daß dieſelben während jeder ſynod. Revolution periodiſch wiederkehren.

Die Abhängigkeit der erwähnten Erſcheinungen von der Sonne zeigt ſich noch deutlicher beim Durchgange der Planeten durch die Ekliptik.*) Um den Augenblick, wo genau dieſer Durchgang ſtattfindet zu beſtimmen, beobachtet man um die Zeit, wo ſich ein Planet in der Nähe der Ekliptik befindet täglich die Rectaſcenſion und Deklination deſſelben und berechnet hiernach ſeine Länge und Breite. Dann findet man 2 Tage, von welchen an dem einen der Planet nördlich von der Ekliptik, an dem andern hingegen ſüdlich von derſelben ſteht. Hieraus und aus der täglichen Aenderung der Breite findet man durch eine einfache Proportion die Zeit, wann die Breite verſchwindet, d. h. wann der Planet durch die Ekliptik geht. Aus der Vergleichung der Zeiten dieſer Durchgänge, findet man dieſelbe mittlere Zeit zwiſchen zwei nächſtgelegenen Durchgängen jedes Planeten durch die Ekliptik, der Planet mag bei dieſen Durchgängen nun direct oder retrograd ſchneller oder langſamer ſich bewegen. Die Zeit, welche zwiſchen zwei nächſten Durchgängen eines Planeten durch denſelben Knoten vergeht, iſt offenbar die Zeit eines ganzen Umlaufes des Planeten um die Sonne, denn jene Punkte des Durchgangs müſſen, von der Sonne aus geſehen, dieſelben, wie von der Erde aus geſehen ſein, weil in dem Augenblicke, wo er ſtattfindet, Sonne, Erde und Planet in derſelben Ebene der Ekliptik liegen. Ein ſolcher Umlauf heißt auch eine ſideriſche (v. d. lat. sidus Stern) Revolution, weil nach Verlauf derſelben der Planet wieder bei demſelben Fixſterne geſehen wird, wie zu Anfang derſelben. Hierbei iſt vorausgeſetzt, daß der Knoten ſelbſt ſeine Stellung nicht verändere, welches ziemlich nahe der Fall iſt.

Man hat ſich im Alterthume vielfach Mühe gegeben und Hypotheſen erſonnen, um die ſcheinbare Bewegung der Himmelskörper zu erklären, konnte aber zu einem richtigen Reſultate nicht kommen, weil man immer die Erde als feſtſtehend in der Mitte des Planetenſyſtems

*) Vergl. d. Art. Knoten.

annahm. Zwar hat es auch ſchon unter den Alten einzelne Männer gegeben, welche das richtige Verhältniß der Erde gegen die Sonne ausſprachen, indeß wurde ihre Anſicht nicht wiſſenſchaftlich ausgebildet und blieb unbeachtet. Kopernicus gab 1543 ein Werk heraus, welches die Grundlage desjenigen Planetenſyſtems bildet, welches ſich ſeitdem durch alle aſtronomiſchen Beobachtungen und Berechnungen auf das glänzendſte beſtätigt hat. Aus dieſem laſſen ſich mit Leichtigkeit die ſonderbaren Bewegungen der Planeten ableiten. Littrow gibt folgende Erläuterung. Sei S (Fig. 34.) der Mittelpunkt der Sonne und zugleich der Mittelpunkt der beiden Kreiſe I., II., III.... und 1, 2, 3.... in deren erſtem ſich die Erde, und in dem zweiten irgend ein oberer Planet um die Sonne gleichförmig gegen Oſten und ſo bewegen ſoll, daß für dieſelben Augenblicke, wo die Erde in dem Punkte I oder II... iſt, der Planet den Punkt 1 oder 2.... ſeiner Bahn einnehme. Wenn die Erde bald nach der Conjunction des Planeten mit der Sonne in I. iſt, ſo ſieht ſie den Planeten 1 in der Sphäre des Himmels bei dem Punkte 1′ und die ſcheinbare directe Bewegung des Planeten erſcheint hier ſehr groß, weil ſie die Summe der zwei wahren Bewegungen des Planeten und der Erde iſt, von denen jene gegen die linke, dieſe aber gegen die rechte Seite gerichtet iſt, ſo daß alſo hier die Bewegung des Planeten durch die ganze Bewegung der Erde vergrößert erſcheint. Kommt in einiger Zeit darauf die Erde nach II und der Planet in ſeiner Bahn nach 2, oder in die erſte Quadratur, ſo daß der Winkel S II 2 ein rechter wird, ſo ſind jetzt die Richtungen der beiden wahren Bewegungen der Erde und des Planeten, nicht mehr einander gerade entgegengeſetzt, wie in der Conjunction; der Winkel, den ſie mit einander bilden, iſt vielmehr immer kleiner, und jetzt zu einem rechten Winkel geworden. Die Richtung der Erde geht jetzt gerade auf den Planeten zu und die ſcheinbare Bewegung des Planeten wird jetzt durch die Nähe der Erde weder vergrößert noch verkleinert, oder die ſcheinbare noch immer directe Bewegung des Planeten wird hier gleich ſeiner wahren ſein und der Planet 2 wird, von der Erde geſehen, am Himmel in dem Punkte 2′, viel weiter gen Oſten als in der Conjunction erſcheinen. Nach der Quadratur aber fängt die Bewegung der Erde an ſich immer mehr gegen die linke Seite oder nach Oſt zu krümmen, die Richtung ihrer Bewegung kommt derjenigen des Planeten immer näher; ſie gehen beide in der That immer mehr nach Einer Seite und die ſcheinbare Bewegung des Planeten wird alſo jetzt durch die Bewegung der Erde immer mehr verkleinert werden. Zur Zeit der Oppoſition, wo die Erde in III und der Planet in 3 der Sonne gegenüber iſt, werden die beiden wahren Bewegungen genau nach derſelben Seite, beide ſenkrecht auf die Geſichtslinie S III 3 und gegen Oſten gerichtet ſein, und da die wahre Bewegung der Erde, als des der Sonne näheren Planeten, größer iſt, als die des Planeten, ſo wird hier die ſcheinbare Bewegung des Planeten retrograd und zwar am ſchnellſten retrograd ſein, daher auch der Planet von der Erde geſehen in 3′ ſtark weſtlich hinter 2′ zurückgerückt erſcheint. Es muß daher irgendwo zwiſchen II und III, zwiſchen der erſten Quadratur und der Oppoſition einen Augenblick ge-

geben haben, wo die beiden, nach derſelben Seite gerichteten wahren Bewegungen der Erde und des Planeten gleich groß waren, und das war der Augenblick des *Stillſtandes*, wo der Planet von der Erde geſehen, ſich am Himmel gar nicht zu bewegen ſchien. — Nach der Oppoſition fängt die Bewegung der Erde an, ſich wieder allmählig von der des Planeten wegzukrümmen, wodurch die ſcheinbar retrograde Bewegung des Planeten immer mehr verringert wird, bis endlich wieder beide wahre Bewegungen einander aufheben und der Planet von der Erde geſehen, zum zweitenmale ſtillſteht. Von da wird ſeine ſcheinbare Bewegung wieder direct und immer größer. Zur Zeit der zweiten Quadratur, wo die Erde in IV und der Planet in 4 iſt, erſcheint der letzte in 4′ etwas weiter gegen Oſten vorgerückt, und hier iſt wieder wie in der erſten Quadratur ſeine ſcheinbare Bewegung gleich der wahren, weil die der Erde, die gerade auf den Planeten gerichtet iſt, keinen Einfluß auf ſie äußern kann. Nach dieſer Quadratur wächſt die directe ſcheinbare Bewegung noch mehr, daher er auch, wenn die Erde in V und der Planet in 5 iſt, noch weiter gen Oſten in 5′ vorgerückt erſcheint, bis er endlich wieder, wenn die Erde in der Mitte der von dem Planeten abgewendeten Hälfte ihrer Bahn oder in der Conjunction iſt, die größte ſcheinbare directe Bewegung erhält, und von da eine zweite, der oben angeführten ganz ähnliche, Periode ſeiner Bewegungen beginnt.*)

Man ſieht alſo, wie alle Unregelmäßigkeiten in der Bewegung der Planeten nur ſcheinbar ſind und darin ihren Grund haben, daß wir ſelbſt uns auf einem bewegten Beobachtungsorte befinden, daß von der Sonne aus geſehen, alle dieſe Unregelmäßigkeiten verſchwinden und vielmehr der ſchönſten Regelmäßigkeit Platz machen. Daher pflegen die Aſtronomen die Planeten in ihren Stellungen ſtets auf die Sonne zu beziehen. Da unſere directen Beobachtungen aber ſämmtlich nur den von der Erde aus geſehenen Ort der Planeten angeben, ſo ergibt ſich die aſtronomiſche Aufgabe, den *geocentriſchen* Ort der Planeten in den *heliocentriſchen* Ort derſelben zu verwandeln, d. h. denjenigen Ort zu beſtimmen, wo von der Sonne aus geſehen die Planeten er-

---

*) Eine ähnliche Betrachtung kann auch für die unteren Planeten angeſtellt werden. Man wird hier die Erſcheinungen durch zwei concentriſche Kreiſe darſtellen, von denen der innere die Bahn des Planeten, der äußere die Bahn der Erde vorſtellt. Zur Zeit ihrer oberen Conjunction, wo die Sonne zwiſchen dem Planeten und der Erde iſt, ſind die wahren Bewegungen des Planeten und der Erde nach entgegengeſetzten Seiten gerichtet, daher hier die von der Erde geſehene oder ſcheinbare Bewegung direct und am größten iſt. Nach der obern Conjunction neigt ſich die Richtung der wahren Bewegung des Planeten immer mehr gegen die Erde hin, oder ſeine ſcheinbare directe Bewegung wird langſamer. Zur Zeit der größten öſtlichen Digreſſion geht die Richtung ſeiner Bewegung oder die Tangente ſeiner Bahn gerade auf die Erde zu, und er ſcheint deßhalb nunmehr eben ſo viel auf die linke Seite zu rücken, als die Erde in ihrer

ſcheinen. Sei S (Fig. 35.) die Sonne, T die Erde und P der Planet. Zieht man durch T die Linie TA parallel mit der Linie S♈, die durch die Sonne und durch den Punkt der Frühlingsnachtgleiche geht, ſo wird, wegen der hier als unendlich weit vorausgeſetzten Entfernung der Fixſterne, ♈ST die heliocentriſche Länge der Erde, ♈SP die heliocentriſche Länge des Planeten, und ATP die geocentriſche Länge des Planeten ſein. Zieht man endlich noch durch S die Linie SB parallel mit TP, ſo wird auch der Winkel ♈SB = ATP die geocentriſche Länge des Planeten ausdrücken. Man beſchreibe daher mit dem größten Halbmeſſer, den z. B. die Ebene einer Tafel verträgt, aus dem Mittelpunkte S einen Kreis ♈♋♎♑, der die in Grade getheilte Ekliptik an der von der Sonne oder von der Erde unendlich weit entfernten Fläche des Himmels vorſtellt. Aus demſelben Mittelpunkte S beſchreibe man die Bahn aTb der Erde und PB des Planeten. Nehmen wir nun an, daß man für irgend eine Zeit, für welche der heliocentriſche Ort T der Erde, z. B. von 30 Graden, gegeben iſt, durch eine unmittelbare Beobachtung die geocentriſche Länge des Planeten, die etwa 63 Grade betragen mag, kennen gelernt habe. Sucht man dann die heliocentriſche Länge des Planeten für dieſelbe Zeit, ſo wird man an der Linie ♈S, in dem Punkte S, die gerade Linie SB unter dem Winkel ♈SB = 63° ziehen, und dann mit dieſer Linie eine zweite durch T parallel ziehen, ſo wird dieſe zweite Linie die kreisförmige Bahn des Planeten in irgend einem Punkte B ſchneiden, und dieſer Punkt B wird der geſuchte Ort des Planeten in ſeiner Bahn ſein. Zieht man daher die Linie PS, ſo wird der Winkel ♈SP, hier nahe gleich 50 Grad, die geſuchte heliocentriſche Länge des Planeten ſein. Iſt aber umgekehrt für irgend eine Zeit die heliocentriſche Länge der Erde 30°, und die heliocentriſche Länge des Planeten 50° gegeben, ſo kennt man dadurch die Lage der zwei Punkte T und P in den Bahnen dieſer beiden Planeten. Verbindet man ſie durch die gerade Linie TP, und zieht man mit ihr durch S die Gerade SB, welche den äußerſten Kreis der

---

Bahn rechts rückt. Nach dieſem Momente entfernt ſich die Tangente ſeiner Bahn auf der andern oder weſtlichen Seite immer mehr von der Erde, und es muß daher eine Stelle geben, wo ſeine Bewegung nach der rechten Seite genau mit jener der Erde, die ihn ſcheinbar nach der linken Seite vorrückt, übereinkommt, und in dieſer Stelle wird daher der Planet ſeinen Stillſtand haben. Von da an wird nun ſeine ſcheinbare Bewegung rückgängig ſein, da die wahren Bewegungen des Planeten und der Erde beide nach der rechten Seite gerichtet ſind, und die der erſtern, als des der Sonne näheren Körpers, auch zugleich die größere iſt. In der unteren Conjunction endlich ſind beide nach der rechten Seite gehenden Richtungen der wahren Bewegungen einander genau parallel, daher hier die ſcheinbar rückgängige Bewegung des Planeten ihren größten Werth haben wird. Nach der unteren Conjunction erneuern ſich in der anderen Hälfte der Bahn dieſelben Erſcheinungen in umgekehrter Zeitfolge bis der Planet wieder ſeine obere Zuſammenkunft mit der Sonne erreicht.

Zeichnung in dem Punkte 63° trifft, ſo erhellet, daß die geſuchte geocentriſche Länge des Planeten 63 Grade beträgt. Durch dieſes Verfahren erhält man auch zugleich die Größe der Linie TP oder die Entfernung des Planeten von der Erde. Man kann noch bemerken, daß in dem Dreiecke STP der Winkel TSP an der Sonne, oder die *Commutation*, gleich iſt der heliocentriſchen Länge des Planeten, weniger der heliocentriſchen Länge der Erde, der Winkel SPT an den Planeten aber, oder die *jährliche Parallaxe*, iſt gleich der geocentriſchen Länge, weniger der heliocentriſchen Länge des Planeten, und endlich der Winkel STP an der Erde, oder die *Elongation*, iſt gleich 180°, mehr der heliocentriſchen Länge der Erde, weniger der geocentriſchen Länge des Planeten.

Aus der Theorie der heliocentriſchen Bewegung der Planeten können die Aſtronomen ebenfalls den heliocentriſchen Ort berechnen; indem ſie mit dem ſo gefundenen nun denjenigen vergleichen, welcher ſich aus dem beobachteten geocentriſchen Orte ergibt, haben ſie ein Mittel, jene Theorie ſelbſt zu berichtigen.

Wäre die Vorausſetzung richtig, daß alle Planeten concentriſche Kreiſe um die Sonne beſchrieben, welche ſämmtlich in derſelben Ebene der Ekliptik lägen, ſo brauchte man nur die während ſeiner ganzen Kreisbewegung ſich gleichbleibende Geſchwindigkeit eines Planeten zu kennen, ſo wie einen Ort, an dem er ſich zu einer gewiſſen Zeit auf ſeiner Bahn befand, um aus dieſen beiden Angaben die Orte und Zeiten für ſeinen ganzen Umlauf zu berechnen. Dieſe beiden *Elemente* wären alſo 1) die heliocentriſche Länge des Planeten für eine beſtimmte Zeit, welche die *Epoche* des Planeten genannt wird, und 2) die *Umlaufszeit* um die Sonne, aus der die tägliche und ſtündliche Bewegung, wegen der Gleichmäßigkeit der Bewegung des Planeten in ſeiner Bahn, ſich leicht berechnen läßt. Die Umlaufszeiten ſind in den ſideriſchen Revolutionen gegeben, da man aber die heliocentriſchen Längen vom Nachtgleichenpunkte an rechnet, und dieſer ſich ſelbſt jährlich um 0°,01394 von Oſten gegen Weſten bewegt, ſo ſind die Umlaufszeiten in Beziehung auf dieſen Punkt, welche die *tropiſchen* Revolutionen der Planeten genannt werden, ſämmtlich etwas kleiner als die ſideriſchen. (S. d. Folg.). In nachfolgender Tafel ſind die Epochen der älteren Planeten für den Mittag des 1. Januars 1832 in Wien und die täglichen Aenderungen ihrer heliocentriſchen Längen zuſammengeſtellt.

Mercur	Epoche:	59°,72;	tägliche Aenderung:	4°,09238
Venus	„	151°,23;	„ „	1°,60217
Erde	„	100°,10;	„ „	0°,98568
Mars	„	237°,88;	„ „	0°,52407
Jupiter	„	333°,76;	„ „	0°,08313
Saturn	„	153°,84;	„ „	0°,03350
Uranus	„	311°,04;	„ „	0°,01177

Die Epochen und täglichen Aenderungen der vier neuen Pl. für den 1. Jan. 1820 ſind folgende:

Veſta;	Epoche: 278°,50;	tägliche Aenderung:		0°,27120
Juno	″ 200°,27;	″	″	0°,22591
Ceres	″ 123°,27;	″	″	0°,21414
Pallas	″ 108°,42;	″	″	0°,21400

Die oben gemachte Vorausſetzung iſt aber ſchon deßhalb falſch, und die angegebenen 2 Elemente reichen nicht hin, weil die Planetenbahnen nicht in der Ebene der Ekliptik liegen, ſondern dieſe unter verſchiedenen Winkeln in der Knotenlinie ſchneiden. Der Neigungswinkel der Planetenbahnen wird gefunden, wenn man ſich ſenkrecht auf die Knotenlinie in demſelben Punkte zwei Senkrechte errichtet denkt, von denen die eine in der einen, die andere in der anderen der beiden ſich ſchneidenden Ebenen liegt. Um die Lage der durch die Sonne gehenden Knotenlinie in der Ebene der Ekliptik zu kennen, muß die Länge des aufſteigenden Knotens bekannt ſein. Es kommen alſo zu den vorerwähnten noch zwei neue Elemente der Planetenbahnen hinzu. Da in dem Vorhergehenden die Neigungen der Planeten nicht berückſichtigt ſind, ſo wird die Löſung der geſtellten Aufgaben nun einer Erweiterung bedürfen. Es bezeichne wieder S (Fig. 36.) die Sonne, T die Erde und P den Planeten, den letzten irgend wo außerhalb der Ekliptik, während Sonne und Erde immer innerhalb derſelben liegen. Die Ebene der Ekliptik ſchneide erweitert die Fläche des Himmels in dem größten Kreiſe AKP′ und die Ebene der Planetenbahn, die nach dem Vorhergehenden immer durch den Mittelpunkt der Sonne S geht, treffe die Himmelsfläche in dem größten Kreiſe BKp′, ſo iſt alſo der Durchſchnittspunkt K beider Kreiſe der aufſteigende Knoten der Planetenbahn und der Winkel AKB, welchen beide Kreiſe mit einander bilden, iſt die Neigung dieſer Bahn gegen die Ekliptik. Sei der Punkt A in der Ekliptik der Frühlingspunkt, von welchem alle Längen in der Richtung AK oder von Weſt gen Oſt gezählt werden. Man nehme auch auf der Planetenbahn rückwärts von K den Bogen KB = KA, ſo wird jeder dieſer Bogen gleich der Länge des aufſteigenden Knotens der Bahn ſein, welche durch die Tafeln (ſ. d. Folg.) für jede Zeit als bekannt angeſehen werden kann. Dieſe Länge des Knotens ſei = k und die Neigung der Bahn oder der Winkel AKB ſei = n. Nun verlängere man ST und Sp, bis ſie die Fläche des Himmels in T′ und p′ treffen, ſo bezeichnet Bogen AT′ die Länge der Erde in der Ekliptik und Bp′ die Länge des Planeten in der Bahn (ſ. d. Art. Länge). Da aber alle Längen in der Ekliptik gezählt zu werden pflegen, ſo ziehe man durch den Mittelpunkt p′ des Planetenortes einen größten auf die Ekliptik ſenkrechten Kreis oder einen Breitenkreis p′P′, welcher in P′ die Ekliptik ſchneidet, dann iſt p′P′ die Breite des Planeten und Ap′ die reducirte Länge des Planeten oder die Länge des Planeten in der Ekliptik. Der Bogen Kp′, von welchem die Breite P′p′ des Planeten abhängt, iſt das Argument der Breite. Daſſelbe wird erhalten, wenn man von der Länge Bp′ des Planeten in der Bahn, welche man aus der Epoche des Planeten findet, die Länge k des Knotens abzieht. — Um nun die heliocentriſche Länge AP′ = l

eines Planeten in der Ekliptik und ſeine heliocentriſche Breite $P'p' = b$ für jede angegebene Zeit zu finden, wird man zuerſt die Länge Bp' des Planeten in der Bahn und die Länge k des aufſteigenden Knotens, ſo wie die Neigung n der Bahn ſuchen. Dieſe Länge in der Bahn weniger k gibt das Argument der Breite $Kp' = u$. Aus u, n und k findet man in dem bei P' rechtwinklichen ſphäriſchen Dreiecke $P'Kp'$ die beiden Größen l und b, nach den Formeln $\text{tang.}\,(l - k) = \cos.\, n\ \text{tang.}\, u$ und $\sin.\, b = \sin.\, n\ \sin.\, u$. Aus der letzten ergibt ſich b, aus der erſteren $l - k$, und da k bekannt iſt, auch l.

Um nun, nachdem die heliocentriſche Länge l und Breite b bekannt iſt, auch noch die geocentriſche Länge λ und Breite β zu finden, ſei wieder $L = AST'$ die Länge der Erde und $R = ST$ ſo wie $r = Sp$ der Halbmeſſer der Erd- und Planetenbahn. Man ſuche zunächſt die Größe $r \cos.\, b = r'$. Der Winkel TSP an der Sonne oder die Commutation iſt $= l - L$, alſo eine bekannte Größe $= C$. Sucht man nun die Größe $r' \sin.\, C$ und dividirt ſie durch $r' \cos.\, C - R$, ſo erhält man die Tangente von $\lambda - L$ alſo auch, da L bekannt iſt, die geocentriſche Länge λ des Planeten. Die geocentriſche Breite β findet man aus der Formel

$$\text{tang}\,\beta = \frac{\sin\,(\lambda - L)\ \text{tang b}}{\sin.\ C}.$$

Es wurde oben bemerkt, daß zur Zeit der größten Digreſſion eines der unteren Planeten die Richtung ſeiner Bewegung, d. h. die Tangente ſeiner Bahn gerade auf die Erde zugeht. Hierin hat man ein Mittel, mit Leichtigkeit den Abſtand eines ſolchen Planeten von der Sonne zu berechnen. Befindet ſich nämlich der Planet in II (Fig. 34.) und die Erde in 2, ſo iſt in dem bei II rechtwinkligen Dreiecke der Winkel bei 2 unmittelbar durch die Beobachtung gegeben, indem er gleich dem Unterſchiede der geocentriſchen Längen des Planeten und der Sonne iſt. Der Sinus dieſes Winkels iſt $= \frac{S\ II}{S\ 2}$, welches das Verhältniß der Halbmeſſer der beiden Kreiſe iſt, durch welches der Halbmeſſer S II der Planetenbahn unmittelbar gegeben iſt, wenn man den Halbmeſſer der Erdbahn $S\ 2 = 1$ annimmt.

Die ſideriſche Umlaufszeit des Planeten, welche von einem feſten Punkte des Himmels aus gerechnet wird, bis der Planet zu demſelben zurückgekehrt iſt, gibt die eigentliche wahre Zeit, welche der Planet braucht, um einmal ſeine ganze Bahn zurückzulegen. Die tropiſche Revolution, d. h. die Zeit, in welcher der Planet wieder zur Frühlingsnachtgleiche zurückkehrt und die ſynodiſche Revolution, d. h. die Zeit zwiſchen zwei nächſten Conjunctionen des Planeten mit der Sonne, ſind von der ſideriſchen verſchieden, weil ſowohl der Frühlingspunkt als auch die Sonne ſelbſt eine eigene Bewegung am Himmel haben. Die tägliche rückgängige ſideriſche Bewegung des Frühlingspunktes iſt $= 0°,0000381$ und die tägliche directe tropiſche Bewegung der Sonne oder

der Erde beträgt 0°,98568. Dividirt man dieſe Zahlen durch 360, ſo erhält man 0,000000106 und 0,002738. Iſt daher A die ſideriſche Revolution eines Planeten, ſo erhält man die tropiſche Revolution deſſelben, wenn man A durch 1 + 0,000000106 A dividirt. Und iſt eben ſo B die tropiſche Revolution, ſo erhält man die ſynodiſche, wenn man B durch 1 — 0,002738 B dividirt. Es kommt alſo vornehmlich darauf an, irgend eine der Revolutionen mit Genauigkeit zu berechnen, um damit auch die beiden übrigen gegeben zu haben. Die ſideriſche Umlaufszeit findet man zwar, wie oben bemerkt wurde, aus der Beobachtung der Durchgänge der Planeten durch ihre Knoten, indeß ſind dieſe Beobachtungen ſchwer mit der nöthigen Sorgfalt anzuſtellen, weil die meiſten Planetenbahnen nur um kleine Winkel gegen die Erdbahn geneigt ſind. Wenn man von einem Planeten zwei heliocentriſche Orte genau kennt, ſo wie die Zeit, welche der Planet braucht, um von dem einen dieſer Orte zu dem andern zu gelangen, ſo kann man hieraus die Zeit ſeiner tropiſchen Revolution berechnen. Hat man die heliocentriſchen Längen zweier ſolcher Orte b° und a°, und die Zwiſchenzeit = c Tage, ſo iſt $\frac{360\ c}{a - b}$ die Zeit ſeines Umlaufes. Man beobachtet daher den Planeten zur Zeit ſeiner Oppoſition, oder wenn es ein unterer Planet iſt, zur Zeit einer ſeiner beiden Conjunctionen. In dieſen beiden Fällen iſt die von der Erde geſehene Länge des Planeten der von der Sonne geſehenen entweder gleich oder genau 180° von ihr verſchieden, und die Beobachtung gibt daher ohne Weiteres die heliocentriſche Länge. Hat man daher zwei nächſte Oppoſitionen deſſelben Planeten mit der Sonne beobachtet, ſo würde die Zwiſchenzeit beider Beobachtungen auch zugleich die ſynodiſche Revolution des Planeten ſein, woraus man die tropiſche und ſideriſche Revolution ohne Weiteres nach den Angaben berechnen kann. Es hat ſich jedoch gezeigt, daß wenn man auf dieſe Weiſe die Wiederkehr der Oppoſition beobachtet, ſich merklich verſchiedene Zeiträume ergeben, welches keinen anderen Grund haben kann, als daß die gemachte Vorausſetzung, daß ſich die Planeten in Kreiſen mit gleichförmiger Geſchwindigkeit um die Sonne bewegen, nicht genau richtig iſt. Um nun aber doch in angegebener Weiſe die Revolutionen der Planeten berechnen zu können, legt man die Beobachtung zweier ſehr weit auseinander liegenden Oppoſitionen bei der Rechnung zu Grunde, indem man die zwiſchen ihnen verlaufene Zeit mit der Anzahl der Umläufe, welche während derſelben vor ſich gegangen, dividirt.*)

---

*) Littrow führt zur Erklärung, wiefern hierdurch der Fehler ausgeglichen werde, folgendes Beiſpiel an. Nehmen wir an, es ſei uns die Oppoſition eines Planeten erhalten worden, die am 20. Novbr. alten Stils 1100 vor Chriſti Geburt im Augenblicke des Mittags in Pecking beobachtet worden iſt. In dem Jahre 1834 iſt am 22. Mai neuen Stils zur Zeit, wo es an dieſem Tage zu Pecking wieder Mittag iſt, eine andere Oppoſition deſſelben Planeten irgendwo in Europa beobachtet worden, und man

Das Kopernikaniſche Planetenſyſtem warf zwar in die Ordnung der Himmelskörper ein bis dahin noch nicht gekanntes Licht, und machte den gewaltigen Fortſchritt möglich, den ſeitdem die Aſtronomie gemacht hat, doch enthielt es noch einen Mangel, in Folge deſſen noch eine Ungleichheit in der Bewegung der Planeten unerklärt blieb. Daher ſuchte Tycho de Brahe der eine große Anzahl der ſorgfältigſten Beobachtungen anſtellte, ein anderes noch beſſer die Erſcheinungen erklärendes Planetenſyſtem aufzuſtellen, nach welchem die Erde ſtill ſtand, um ſie der Mond und die Sonne und um die letztere dann die übrigen Planeten ſich bewegten. Dieß Syſtem hat ſich als unrichtig bewieſen, aber die ſorgfältigen Beobachtungen Tychos wurden doch die Grundlage der Wahrheit, welche bald nachher der große, tiefſinnige, unermüdliche deutſche Aſtronom Kepler auffand. Kopernikus hatte nämlich noch wie die Alten angenommen, daß ſich die Planeten in Kreiſen um die Sonne bewegten, aus welcher Annahme dann nothwendig folgte, daß ihre Bewegung gleichmäßig ſein mußte. Schon die Alten hatten aber bemerkt, daß die Planeten zu derſelben Zeit, in welcher ſie die größte und kleinſte heliocentriſche Geſchwindigkeit hatten, auch die größten und kleinſten Durchmeſſer hatten. Beſonders bemerkte man dieß am Monde und an der Sonne. Daher nahmen ſie an, daß ſich die Erde nicht genau im Mittelpunkte der kreisförmigen Mondbahn und der Sonnenbahn befände, ſondern etwas außerhalb dieſes Punktes, ſo daß es zwei Punkte, Abſiden genannt, gäbe, bei deren einem, dem

---

weiß bereits, daß die ſynodiſche Revolution dieſes Planeten nahe 535¾ Tage iſt. Die Zwiſchenzeit zwiſchen beiden Beobachtungen beträgt 2933 Jahre und 183 Tage, oder da das Julianiſche Jahr 365¼ Tage hat, und da der neue oder Gregorianiſche Stil in dem gegenwärtigen Jahrhundert um 12 Tage vor dem alten Stil voraus iſt, ſo beträgt jene Zwiſchenzeit 2933 Jahre und 171 Tage oder 1071449,25 Tage. Da nun die ſynodiſche Revolution dieſes Planeten nahe 535,7 Tage betragen ſoll, ſo ſind in dieſer Zwiſchenzeit volle 2000 ſynodiſche Revolutionen vorübergegangen, und man wird daher die wahre Dauer Einer ſolchen Revolution erhalten, wenn man die Zahl 1071449,25 durch 2000 dividirt, dieß gibt für die geſuchte wahre ſynodiſche Revolution 535,724625 Tage. Nehmen wir nun an, die erſte jener beiden Beobachtungen wäre fehlerhaft und volle 6 Stunden zu ſpät beobachtet worden, dann würde die wahre Zwiſchenzeit zwiſchen beiden Beobachtungen ebenfalls um 6 Stunden größer und daher gleich 1071449,5 Tage geweſen ſein. Dividirt man auch dieſe Zahl wieder durch die Anzahl der Revolutionen oder durch 2000, ſo erhält man für die wahre ſynodiſche Revolution des Planeten 535,72475 Tage, alſo nur 0,000125, d. h. 10,8 Secunden größer als vorher. Jener Fehler von 6 Stunden iſt alſo hier durch die lange Zwiſchenzeit auf 10,8 Secunden, d. h. auf ſeinen 2000ſten Theil herabgebracht worden. Die Griechen haben in ähnlicher Weiſe ſchon die Umlaufszeiten der ihnen bekannten Planeten beſtimmt, und zwar mit ſo großer Genauigkeit, daß ſie ziemlich mit unſeren jetzigen Angaben in dieſer Beziehung übereinſtimmen.

Apogeum, der Mond am entfernteſten, und bei deren anderem, dem Perigeum der Mond am nächſten der Erde wäre. Eben ſo nahmen ſie zwei Abſiden der Sonnenbahn an, oder, worauf es nach Erkenntniß der Bewegung der Erde hinaus kam, der Erdbahn, deren eine das Aphelium, die andere das Perihelium iſt. Wären die Bahnen des Mondes und der Erde kreisförmig, ſo müßte die Größe der Durchmeſſer in demſelben Verhältniſſe zunehmen und abnehmen, wie die Geſchwindigkeit; da dieſes nicht der Fall iſt, ſo geht daraus hervor, daß die Erklärung der Alten nicht die richtige war. Aus dem wirklichen Verhältniſſe der Durchmeſſer der Planeten und der Sonne zu ihren Geſchwindigkeiten folgerte Kepler endlich, daß die Bahnen der Planeten nicht Kreiſe, ſondern Ellipſen ſeien.

Nehme man an, daß S und S′ (Fig. 37.) zwei feſte Punkte in einer Ebene ſind, an welche ein Faden SPS′ mit ſeinen Enden angebunden iſt. Dieſen Faden ſpanne man mit der Spitze eines Bleiſtifts und führe dieſe Spitze ſo herum, daß fortwährend der Faden geſpannt bleibt, ſo entſteht die krumme Linie AP′ BP″, welche eine Ellipſe iſt. Da ſich die Länge des Fadens fortwährend gleich bleibt, ſo iſt für jeden Punkt P dieſer Linie $SP + S'P$ gleich, z. B. $= SP' + SP'$ und eben ſo $= SA + S'A = SB + S'B$. Aus dieſer letzten Gleichung folgt dann, daß $SA + S'A - SS' = SB + S'B - SS'$ d. h. $2\ S'A = 2\ SB$ alſo $S'A = SB$, folglich $SA + S'A = SB + S'B = SA + SB = S'B + S'A = AB$ und eben ſo alſo auch $SP + S'P = SP' + S'P'$ u. ſ. w. $= AB$. Die Linie AB heißt nun die große Axe der Ellipſe, S und S′ heißen die Brennpunkte derſelben, und jede zwei von den Brennpunkten nach irgend einem Punkte der Ellipſe, z. B. P oder P′ gezogene gerade Linien heißen die Radii vectores dieſes Punktes. Man hat hiernach den eben gefundenen Satz in Worten ausgedrückt. Bei der Ellipſe iſt die Summe der beiden Radii vectores jedes Punktes gleich der großen Axe. Die Endpunkte der großen Axe der Ellipſe heißen ferner die Scheitelpunkte, der Mittelpunkt der großen Axe bei C heißt der Mittelpunkt und der Abſtand der Brennpunkte von dieſem $CS = CS'$ heißt die Excentricität der Ellipſe. Errichtet man im Mittelpunkte auf die große Axe eine Senkrechte, ſo erhält man die kleine Axe der Ellipſe $= pp'$. Auch für dieſe gilt das Geſetz der Ellipſe. Es iſt folglich $Sp + S'p = AB$ und da in den zwei congruenten rechtwinklichen Dreiecken SCp und S′Cp, $Sp = S'p$ iſt, ſo iſt folglich $Sp = S'p = \frac{AB}{2}$. Aus der Natur des rechtwinkligen Dreiecks folgt, daß $\overline{Sp}^2 = \overline{SC}^2 + \overline{Cp}^2 = \left(\frac{AB}{2}\right)^2$ d. h. das Quadrat der halben großen Axe iſt gleich der Summe der Quadrate der halben kleinen Axe und des Quadrates der Excentricität. Sind mithin 2 dieſer Größen bekannt, ſo kann man die dritte durch Rechnung finden.

Kepler machte nun die Bemerkung, daß ſich die Planeten ſämmtlich in Ellipſen um die Sonne bewegen, und daß ſich die Sonne nicht

im Mittelpunkte ſondern in dem Brennpunkte z. B. bei S jeder dieſer Ellipſen befinde. Jeder Planet iſt der Sonne am nächſten in dem Perihelium bei B, wo er dann den größten Durchmeſſer, von der Sonne aus betrachtet, zeigt und ſich am ſchnellſten bewegt, und am entfernteſten von der Sonne in dem Punkte A, dem Aphelium, wo er den kleinſten Durchmeſſer zeigt (der größeren Entfernung wegen), und ſich am langſamſten bewegt. Die Abſidenlinie iſt die große Axe der Bahn. Stellen wir uns nun einen Planeten durch den Radius Vector mit der Sonne verbunden vor, ſo wird dieſer Radius Vector während des ganzen Umlaufes des Planeten um die Sonne, die Fläche beſchreiben, welche von der elliptiſchen Bahn eingeſchloſſen wird, und in jeder beſtimmten Zeit, z. B. in einem Tage wird der Radius Vector einen gewiſſen Theil dieſer Fläche zurücklegen. Kepler fand nun, daß die Flächen, welche der Radius Vector in beſtimmten Zeiten, z. B. in Tagen, Stunden u. ſ. w. zurücklegt, ſich genau wie dieſe Zeiten verhalten. Man ſieht nun klar, warum ſich jeder Planet im Perihelium ſchneller als im Aphelium bewegen muß, denn wenn er z. B. in Einem Tage von B bis P''' beim Perihelium fortrückt, ſo hat ſein Radius Vector die Fläche BSP''' zurückgelegt und dieſe Fläche muß gleich ſein derjenigen Fläche, die der Radius Vector in der Nähe des Apheliums ebenfalls in Einem Tage durchläuft = SAP'''', wo dann AP'''' viel kleiner als BP''' ſein muß, weil die Fläche ASP'''' bei weitem länger gedehnt als die Fläche BSP''' iſt, der ſie doch gleich ſein ſoll. Die Oberfläche der ganzen Ellipſe iſt gleich dem vierten Theile des Productes ihrer großen und kleinen Axe multiplicirt mit 3,14159. Die ſo gefundene Fläche dividirt man mit der in Tagen ausgedrückten Umlaufszeit des Planeten, um die Fläche zu finden, welche in Einem Tage von dem Radius Vector des Planeten zurückgelegt wird. Kennt man folglich die Zeit, in welcher der Planet ſich im Perihelium befand, und die Zeit wo er ſich bei P auf ſeiner Bahn befindet, ſo iſt die Zwiſchenzeit in Tagen ausgedrückt, multiplicirt mit dem Flächenſtücke, welches der Radius Vector in Einem Tage zurücklegt, gleich dem Flächenſtücke BSP. Um nun hieraus den Ort des Planeten in ſeiner Bahn zu beſtimmen, muß man für den Sector BSP einer Ellipſe den Radius Vector SP und den Winkel dieſes Radius mit der großen Axe BSP berechnen können. Von der Art, in welcher dieſe Aufgabe gelöſt wird, gibt Littrow im Folgenden eine Vorſtellung. Man denke ſich einen um S (Fig. 38.) als Mittelpunkt beſchriebenen Kreis, deſſen Halbmeſſer SA' = SB' gleich der halben großen Axe CB = CA der Ellipſe iſt. In dieſem Kreiſe bewege ſich ein Punkt M gleichförmig und ſo, daß er mit dem wahren Planeten, der in der Peripherie der Ellipſe einher geht, immer zu gleicher Zeit durch die große Axe AB derſelben, zu beiden Seiten des Punktes S geht. Wenn alſo der Planet im Perihelium B iſt, ſo iſt jener Punkt in B', und die Fläche des elliptiſchen Sectors, ſo wie der Bogen dieſes Kreiſes, die beide von der Linie SBB' gezählt werden, ſind hier beide gleich Null. Wenn aber nach einer halben Revolution der Planet in der Ellipſe nach A, und jener Punkt in der Peripherie ſeines Kreiſes nach A' kömmt, ſo iſt die von dem Radius

Vector in der Zwiſchenzeit beſchriebene Fläche des elliptiſchen Sectors genau die Hälfte von der Fläche der ganzen Ellipſe, ſo wie auch der von jenem Punkte beſchriebene Bogen B′MA′ genau die Hälfte der ganzen Peripherie ſeines Kreiſes iſt. Und daſſelbe Verhältniß zwiſchen dieſer Fläche des Sectors und dem Bogen des Kreiſes wird auch für jede andere Zeit ſtatt haben, weil beide, nach der vorhergehenden Vorausſetzung, gleichförmig wachſen, und weil beide von der Linie SBB′ an gezählt werden. Iſt alſo ſeit jener Epoche, wo der Planet durch ſein Perihelium B ging, z. B. der zwanzigſte Theil der Umlaufszeit verfloſſen, und iſt PBS ebenfalls der zwanzigſte Theil der Fläche der ganzen Ellipſe, ſo wie B′M der zwanzigſte Theil des Umfangs des Kreiſes, oder endlich, was daſſelbe iſt, der Winkel B′SM der zwanzigſte Theil von 360 Graden, ſo wird der Planet in P und jener Punkt zu derſelben Zeit in M ſein. Man ſieht demnach, daß man ſtatt jenes elliptiſchen Sectors den Winkel B′SM dieſes Punktes ſubſtituiren kann, und dann aus dem gegebenen Winkel B′SM jenes Punktes den Winkel BSP und den Radius Vector SP des Planeten zu finden hat. Was nun den heliocentriſchen Ort dieſes Punktes M betrifft, ſo wird er ganz ſo, wie der des nach den ältern Syſtemen in einem Kreiſe ſich bewegende Planet, für jede gegebene Zeit ohne Mühe gefunden werden können. Man wird nämlich, wenn man die Zeit kennt, wo der Punkt in B′ durch die Linie SB′ ging, und wenn überdieß die Umlaufszeit dieſes Punktes in ſeinem Kreiſe, die mit der Umlaufszeit des Planeten in ſeiner Ellipſe identiſch iſt, bekannt iſt, den Ort des Punktes M in der Peripherie ſeines Kreiſes durch eine einfache Diviſion beſtimmen. Man nennt daher auch dieſen Punkt den mittleren Planeten, während der eigentliche Planet im Gegenſatze mit jenem, der wahre genannt wird. In der That iſt auch, weil die Umlaufszeiten beider um den Punkt S, oder um die Sonne, einander gleich ſind, die durch ſeine ganze Bahn gleichförmige Geſchwindigkeit dieſes mittleren Planeten gleich dem Mittel aus allen verſchiedenen Geſchwindigkeiten des wahren Planeten. Es iſt alſo, wie man ſieht, ſehr leicht, den Winkel B′SM des mittleren Planeten für jede gegebene Zeit zu finden, und es handelt ſich nur noch darum, wie man, wenn m gegeben iſt, auch den Winkel BSP und den Radius Vector SP = r des wahren Planeten für dieſelbe Zeit finden ſoll. Man nennt aber den Winkel B′SM oder m die mittlere Anomalie und den Winkel BSP oder v die wahre Anomalie des Planeten. Bei allen Ellipſen deren Excentricität CS gegen ihre halbe große Axe CB ſehr klein iſt, (ein Fall, der in der That bei allen Planeten, beſonders bei den ſieben älteren, ſtatt hat), beſtimmt man nun den Radius Vector und die wahre Anomalie mit hinreichender Genauigkeit, wie folgt. Bezeichnet man dieſes Verhältniß $\frac{CS}{CB}$ in jeder Ellipſe durch e, ſo iſt die wahre Anomalie v immer gleich der mittleren m mehr dem doppelten Producte der Größe e in den Sinus von m, und der Radius Vector r iſt immer gleich der halben großen Axe, weniger dem Producte dieſer Halbaxe in die Größe e und in den Coſinus von m, wobei dieſe

Winkel m und v ohne Unterbrechung von 0° bis 360° gezählt werden. Demnach beſteht alſo die Bewegung jedes Planeten aus zwei Theilen. Der erſte iſt gleichförmig, gehört gleichſam dem Kreiſe an und iſt auch ganz derſelbe, den wir ſchon im Vorhergehenden betrachtet haben. Der andere iſt aber ungleichförmig, gehört der Ellipſe an, und iſt gleich 2 e sin. m. Man nennt dieſen zweiten Theil die Gleichung der Bahn, und ſie wird mit ihrem Zeichen zur mittleren Länge des Planeten geſetzt, um die wahre oder elliptiſche Länge deſſelben in der Bahn zu erhalten. Eben ſo iſt die wahre oder elliptiſche Diſtanz des Planeten von der Sonne, oder ſein Radius Vector, aus zwei ähnlichen Theilen zuſammengeſetzt, davon der erſte gleich der halben großen Axe a, und der andere gleich dem Producte dieſer Halbaxe in die Größe a e cos. m iſt. Um dieſe Rechnungen auszuführen muß man alſo, nebſt den bereits oben angeführten vier Elementen, noch zwei andere kennen, nämlich die Excentricität CS, oder, da die halbe große Axe CA ſchon bekannt iſt, das Verhältniß e dieſer Excentricität zur großen Halbaxe, und die Lage dieſer Axe, oder, was daſſelbe iſt, die Länge des Periheliums B. Iſt nämlich ☊S☋ (Fig. 38.) die Knotenlinie der Bahn mit der Ekliptik, alſo ☊ der aufſteigende Knoten, von welchem ſich der Planet über die Ekliptik, gegen Norden, erhebt und nimmt man von dieſem Punkt ☊, in der Ebene der Bahn, den Winkel ☊SV eben ſo groß, als derſelbe Punkt ☊ von dem Frühlingsnachtgleichenpunkte in der Ebene der Ekliptik abſteht, ſo iſt VSB die Länge des Periheliums. Die folgende Tafel enthält dieſe beiden Elemente zugleich mit den vier erſten, die hier zur bequemen Ueberſicht zuſammengeſtellt, und ſämmtlich auf den mittleren Pariſer Mittag des 1. Jan. 1810 gebracht ſind.

	Halbe große Axe	Verhältniß der Excentricität e.	Epoche 1810.	Tägliche tropiſche Bewegung.	Länge des Periheliums 1810.	Sácul. Aenderung, tropiſch.	Länge des aufſt. Knotens 1810.	Sácul. Aend. des Knotens, tropiſch.	Neigung.
Merkur	0,38710	0,2056	293°32′,32	4°,09238	74°30′,23	1°,55	46° 4′,02	1°,18	7° 0′,00
Venus	0,72333	0,0068	236°16′,25	1°,60217	128°44′,30	1°,32	74°57′,30	0°,88	3°23′,47
Erde	1,00000	0,0168	99°29′,03	0°,98568	99°39′,37	1°,72	— —	—	— —
Mars	1,52369	0,0932	346°28′,58	0°,52407	332°33′,82	1°,83	48° 3′,80	0°,75	1°51′,08
Veſta	2,3632	0,1838	105°44′,90	0°,27120	250°19′,0	1°,39	103°10′,20	1°,39	7° 7′,78
Juno	2,6704	0,2544	95°21′,20	0°,22591	53°16′, 0	1°,39	171° 9′,83	1°,39	13° 4′,45
Ceres	2,7672	0,0785	61°12′,53	0°,21414	146°44′, 0	1°,39	80°56′,92	1°,39	10°37′,50
Pallas	2,7683	0,2440	49° 9′,38	0°,21400	121°22′, 0	1°,39	172°33′,90	1°,39	34°37′,47
Jupiter	5,20116	0,0482	25°24′,03	0°,08313	11°17′,80	1°,58	98°30′,07	0°,96	1°18′,85
Saturn	9,53781	0,0562	244°37′,53	0°,03350	89°15′,18	1°,93	112° 0′,92	0°,77	2°29′,63
Uranus	19,18318	0,0467	216°27′,98	0°,01177	167°29′,62	1°,46	73°53′,58	0°,39	0°46′,43

Dieſe Tafel gibt zugleich die Aenderung der Länge des Knotens und des Periheliums für 100 Jahre, von der Epoche 1810 an gerechnet. Zwar iſt auch die Neigung n und die Größe e ähnlichen Veränderungen unterworfen, ſie ſind aber ſo klein, daß ſie hier ganz übergangen werden können.

Mit Hilfe der eben gegebenen Tafel kann man den heliocentriſchen Ort eines Planeten für jede gegebene Zeit finden, wie dieß Littrow näher an folgendem Beiſpiele erläutert. Geſetzt wir ſuchen den helioc. Ort Saturns für den 12. Nov. 1835. Nach der Tafel iſt die Epoche für den Anfang 1810 = 244°,6255. Das Intervall zwiſchen beiden Zeiten iſt = 25 J. 316 T., wozu noch 6 Schalttage kommen. Die tägliche tropiſche Bewegung Saturns iſt = 0°,03350, welches für 25 J. 305°,6875 und für 322 T. 10°,7870 gibt, dieſe Angaben hinzu addirt zu der von 1810 gibt 561°,1, woraus die Länge des Saturns in der Bahn = 561°,1 — 360° = 201°,1 = 201°6′. Die Länge k des aufſteigenden Knotens iſt für 1810 = 112°0′,92, die Veränderung in 25 J. 11′,4, alſo für die geſuchte Zeit k = 112° 12′ und die Neigung n = 2° 29′,6. Die halbe große Axe der Bahn iſt = 9,53781. Die mittlere Anomalie m erhalten wir, wenn wir die Länge des Periheliums von der Länge des Planeten in der Bahn ſubtrahiren. Jene iſt für 1810 89° 15′,18, die Aenderung für 25 J. = 28′,92, alſo dieſelbe für den 12. Nov. 1835 = 89° 44′,10, alſo m = 201° 6′ — 89°, 44′,10 = 111° 21′,9. Sucht man hiermit und mit der Größe e = 0,0562 die wahre Anomalie v und den Radius Vector r des Saturn, ſo findet man 2 e sin. m auf Bogen gebracht = 5° 49′ und a e cos. m = 0,19515, ſo daß daher die wahre Anomalie des Planeten v = m + 5°,49 = 117° 11′ und der Radius Vector v = 9,7330 iſt. Addirt man dann zu der wahren Anomalie die Länge des Perihels und ſubtrahirt von der Summe die Länge des Knotens, ſo hat man das Argument der Breite u = 94° 43′. Nach den oben (S. 136.) angegebenen Formeln iſt nun die helioc. Länge l und die helioc. Breite b zu finden. Dieſe Formeln ſind:

$$\text{tang.}\ (l - k) = \text{cos. n. tang. u} \text{ und}$$
$$\text{sin. b} = \text{sin. n. sin. u; d. h.}$$

$$\text{log. tang.}\ (l - k) = \text{log. cos.}\ (2°\ 29',6) + \text{log. tang.}\ (94°\ 43')$$
$$\text{und log. sin. b} = \text{log. sin.}\ (2°\ 29',6) + \text{log. sin.}\ (94°\ 43')$$
$$\text{d. h. log. tang.}\ (l - k) = 9{,}99959 + 1{,}08350 = 11{,}08309$$
$$\text{und log. sin. b} = 8{,}63678 + 9{,}99853 = 18{,}63531$$

$$\text{alſo } l - k = 94°\ 43'$$
$$k = 112°\ 12$$
$$\text{folglich } l = 206°\ 55'$$
$$\text{und } b = 2°\ 29'$$

Die geocentriſche Länge λ und Breite β wird erhalten (ſ. oben S. 136.) nach den Formeln:

$$\text{tang.}\ (\lambda - L) = \frac{\text{r cos. b sin. C}}{\text{r cos. b cos. C} - R} \text{ und tang. } \beta = \frac{\text{sin.}\ (\lambda - L)\ \text{tang. b}}{\text{sin C}}$$

worin r der Halbmeſſer der Planetenbahn = 9,538, R der Halbmeſſer der Erdbahn = 1, L die Länge der Erde = 49° 22′, und C die Commutation = l — L =

$206° 55' - 49° 22' = 157° 33'$. Man findet bei der Berechnung $\lambda = 209° 0'$ und β (nördl. Br.) $= 2° 16'$.

Zur leichteren Berechnung des Ortes der Planeten für jede gegebene Zeit hat man eigene **Planetentafeln**, welche dieſelbe ſehr erleichtern, berechnet, die ſich auf eine längere Reihe von Jahren beziehen, welche hier aber, auch nur zum Theil wiederzugeben, zu weitläufig ſein würde.

Eine der wichtigſten Entdeckungen **Keplers**, das dritte der drei wichtigen von ihm gefundenen Geſetze, bezieht ſich auf die Abſtände der Planeten von der Sonne, indem derſelbe fand, daſs **ſich die Quadrate der ſideriſchen Umlaufszeiten wie die Würfel der groſsen Axen der Bahnen der Planeten verhalten.**

Hiernach kann man aus den leicht zu beobachtenden Umlaufszeiten die groſsen Axen berechnen. Nach dem erſten **Kepler**ſchen Geſetze bewegen ſich die Planeten ſo, daſs die Flächen ihrer elliptiſchen Sectoren der Zeit proportional ſind, d. h. daſs dieſe Fläche, dividirt durch die Zeit, in welcher ſie zurückgelegt wurde, für jeden Planeten eine beſtändige Gröſse iſt. Für jeden Planeten iſt dieſe beſtändige Gröſse eine andere, der Zuſammenhang dieſer Gröſsen geht hervor, wenn man das erſte und dritte Geſetz zugleich betrachtet. Wenn man in einen der beiden Brennpunkte einer Ellipſe auf der groſsen Axe eine Senkrechte errichtet, ſo heiſst dieſe Linie, welche auf beiden Seiten von der Peripherie der Ellipſe begrenzt wird, der Parameter der Ellipſe, und der halbe Parameter iſt gleich dem Quadrate der halben kleinen, dividirt durch die halbe groſse Axe der Ellipſe. Sind nun $2a$, $2a'$ die groſsen, $2b$, $2b'$ die kleinen Axen, $2p$, $2p'$ die Parameter und f, f' die Oberflächen zweier Ellipſen, zu denen die Umlaufszeiten t und t' gehören, ſo hat man nach dem erſten Geſetze in der einen Ellipſe $f = Ct$ und in der anderen $f' = C't'$, wo C und C' die zwei erwähnten conſtanten Gröſsen bezeichnen, die bei jeder einzelnen Planetenbahn ſich gleich bleiben, bei den verſchiedenen Bahnen aber verſchieden ſind, und deren abſolute Gröſse für jede einzelne Bahn beſtimmt werden ſoll. Nach dem dritten **Kepler**ſchen Geſetze hat man für beide Planeten $a^3\, t' = a'^3\, t^2$. Die Oberfläche der erſten Ellipſe iſt (ſ. oben) f iſt $= 3{,}14159\, a.\, b$, und die Oberfläche der zweiten Ellipſe $f' = 3{,}14159\, a'.\, b'$. Man kann das erſte Geſetz alſo auch ſo ausdrücken, $3{,}14159\, a.b = Ct$ und $3{,}14159\, a'.b' = C't'$. Vergleicht man dieſe beiden Ausdrücke mit dem oben für das dritte Geſetz gegebenen Ausdruck, ſo findet man, daſs ſich verhalten

$$C : C' = \sqrt{p} : \sqrt{p'}.$$

Das erſte **Kepler**ſche Geſetz, kann mithin auch ſo ausgedrückt werden: Die Fläche welche der Radius Vector des Planeten beſchreibt, verhält ſich zu der Zeit, in welcher ſie beſchrieben wird, wie das Product von zwei beſtändigen Gröſsen. Von dieſen zwei Gröſsen iſt die eine gleich der Quadratwurzel aus dem halben Parameter und gehört daher jeder einzelnen Planetenbahn ausſchlieſslich an; die andere aber iſt eine allen Planetenbahnen gemeinſchaftliche beſtändige Gröſse, die ſich leicht beſtimmen läſst, wenn man nur die Fläche einer einzigen dieſer

Planetenbahnen mit ihrem Parameter und der Umlaufszeit des Planeten in ſeiner Bahn kennt. Drückt man die Umlaufszeiten in Tagen und Theilen des Tages aus, ſo findet man für dieſe allen Planeten- und Kometenbahnen gemeinſchaftliche Conſtante die Größe 0,017202 und dieſe iſt es, welche unſerem ganzen Sonnenſyſteme eigenthümlich iſt.*) Alle Planeten werden durch das dritte Geſetz auf die Sonne bezogen, an welche ſie durch eine ſich durch das ganze Sonnenſyſtem gleichbleibende, nur durch die Entfernung modificirte Kraft, gebunden ſind, welche die eigentliche Urſache ihrer Bewegung iſt.

Von einem ſehr entfernten Standpunkte aus betrachtet, würde nun nach dem Vorhergehenden unſer ganzes Planetenſyſtem folgenden Anblick darbieten.

In dem Mittelpunkte einer großen Ebene ſoll eine Kugel von 2 Fuß im Durchmeſſer die Sonne vorſtellen. Um ſie, als Mittelpunkt, beſchreiben wir mehre concentriſche Kreiſe. Der erſte und nächſte an der Sonne, deſſen Halbmeſſer 82 Fuß, iſt die Bahn Mercurs, den wir etwa in der Größe eines Senfkorns darſtellen können. In dem zweiten Kreiſe des Halbmeſſers 142 Fuß, bewegt ſich Venus von der Größe einer Erbſe; im dritten von 215 Fuß Halbmeſſer die nahe eben ſo große Erde; im vierten von 327 Fuß, der im Durchmeſſer nur halb ſo große Mars. Dann folgen vier, in ihrer Ausdehnung nur wenig verſchiedene Kreiſe von 500 bis 600 Fuß Halbmeſſer, in welchen die vier neuen Planeten, Veſta, Juno, Ceres und Pallas gehen, die alle nur die Größe des kleinſten Sandkorns haben. Im neunten Kreis, deſſen Halbmeſſer nahe 1430 Fuß beträgt, iſt Jupiter in der Größe einer mäßigen Orange; im zehnten, deſſen Halbmeſſer 2284 Fuß, der etwas kleinere Saturn, und endlich im eilften Kreiſe, 3900 Fuß im Halbmeſſer, Uranus von der Größe einer gewöhnlichen Aprikoſe. Ueber dieſe Grenze hinaus kennen wir keinen Planeten mehr. Von den Kometen erreichen noch viele in ihren Aphelien jene außer der Uranusbahn gelegenen Gegenden. Der große Komet vom Jahre 1680, deſſen äußerſt excentriſche elliptiſche Bahn wir noch mit einiger Verläßlichkeit kennen, entfernt ſich 44mal weiter von der Sonne, als Uranus, oder ſeine größte Entfernung würde in unſerm Modelle 171600 Fuß, alſo nahe an 8 deutſche Meilen betragen. Die verſchiedenen Verhältniſſe der Diſtanzen und Größen der Planeten, ſo wie ihrer Geſchwindigkeiten ſind beſtimmter in folgenden Tafeln zu überſehen.

*) Andere Geſtirne die einen anderen Körper, um den ſie ſich bewegen, haben, z. B. die Satelliten des Jupiter haben auch eine andere dieſer entſprechende charakteriſtiſche Zahl.

Umlaufszeiten.

	Siderische	Tropische	Synodische
☿	87,9695	87,9684	115,87
♀	224,7008	224,6955	583,92
♁	365,2564	365,242255	....
♂	686,9796	686,9297	779,88
⚶	1327,6	1327,4	505,0
⚵	1593,8	1593,6	474,0
⚳	1691,4	1681,1	466,5
⚴	1682,5	1682,2	466,5
♃	4332,5965	4330,6105	398,8
♄	10758,9698	10746,7324	378,0
♅	30688,7127	30589,3575	369,7

Entfernungen von der Sonne.

	Halbe große Axe, die der Erdbahn = 1.	Entfernung von der Sonne in Millionen deutschen Meilen.		Entfernung von der Erde in Millionen deutschen Meilen.	
		Größte	Kleinſte	Größte	Kleinſte
☿	0,38710	9,75	7,41	30	10
♀	0,72333	15,20	15,00	35	5
♁	1,	21,23	20,53	..	..
♂	1,52369	34,77	28,85	54	7
⚶	2,3632	53,70	44,93	72	23
⚵	2,6704	69,94	41,57	88	19
⚳	2,7672	62,31	53,23	81	31
⚴	2,7683	71,94	43,65	90	21
♃	5,20116	113,83	103,36	130	79
♄	9,53781	210,32	187,95	223	161
♅	19,18318	419,21	381,83	424	348

Durchmeſſer.

	Durchmeſſer in deutſchen Meilen.	Durchmeſſer, der der Erde = 1.	Durchmeſſer, der der Sonne = 1.	Scheinbarer Durchmeſſer von der Erde geſehen.	
				Größter	Kleinſter
☿	600	0,34	0,003	11″,6	4″,
♀	1678	0,95	0,009	65″,6	9″,6
♁	1719	1,00	0,009	. .	. .
♂	1000	0,56	0,005	27″,3	3″,7
⚶	59	0,03	0,003	0″,5	0″,2
⚵	308	0,18	0,001	3″,3	0″,7
⚳	350	0,20	0,002	2″,3	0″,9
⚴	452	0,26	0,002	4″,2	1″,0
♃	19980	11,00	0,100	49″,2	29″,9
♄	16290	9,76	0,091	21″,5	15″,5
♅	7488	4,23	0,040	4″,3	3″,5
☉	187800	109,25	1,000		

Oberfläche und Volumen.

	Oberfläche.			Volumen.		
	In Millionen d. Quadrat-Meilen.	Die Oberfläche der Erde = 1.	Die Oberfläche der Sonne = 1.	In Millionen Kubik-Meilen.	Volume der Erde = 1.	Volumen der Sonne = 1.
☿	1,07	0,12	0,00001	104,5	0,04	0,00000005
♀	8,38	0,90	0,00007	2280,0	0,85	0,00000007
♁	9,28	1,00	0,00008	2660,0	1,00	0,0000007
♂	2,91	0,32	0,00003	467,0	0,18	0,0000002
⚶	0,01	0,001	0,0000001	0,104	0,00004	. . . .
⚵	0,29	0,03	0,000003	14,58	0,005	. . . .
⚳	0,37	0,04	0,000003	212,50	0,008	. . . .
⚴	0,61	0,07	0,000005	44,60	0,017	. . . .
♃	1124,24	121,12	0,0106	3500000	1333,1	0,0011
♄	883,37	95,17	0,0072	2500000	928,5	0,0006
♅	106,07	17,92	0,0015	201000	75,8	0,00006

Mittlere Geſchwindigkeiten während einer Zeitſecunde.

	Jährliche.		Tägliche des Aequators.
	In Par. Fuß.	In d. Meilen.	In Par. Fuß.
☿	152448	6,7	504
♀	111525	4,9	1430
♁	94850	4,7	1422
♂	76840	3,4	798
⚶	61700	2,7	. .
⚵	58040	2,6	. .
⚳	57026	2,5	. .
⚴	57000	2,5	. .
♃	41590	1,7	39070
♄	30710	1,5	33500
♅	21650	1,0	21650

Maſſen und Dichtigkeiten der Planeten.

	Maſſe die der Erde = 1.	Maſſe, die der Sonne = 1.	Dichte, die der Erde = 1.	Dichte, die des Waſſers = 1.	Oberfläche, die der Erde = 1.	Volumen, das der Erde = 1.	Volum. in Mill. Kubik-Meilen.
Merkur	0,16	1/2025810	3,61	17,7	0,12	0,04	104
Venus	0,92	1/405871	1,07	5,2	0,90	0,85	2280
Erde	1,00	1/354936	1,00	4,9	1,00	1,00	660
Mars	0,13	1/2546320	0,70	3,3	0,32	0,18	467
Veſta	—	—	—	—	0,001	0,00004	1/10
Juno	—	—	—	—	0,03	0,005	14
Ceres	—	—	—	—	0,04	0,008	212
Pallas	—	—	—	—	0,07	0,017	45
Jupiter	308,9	1/3512	0,10	1,1	121,1	1333,1	3500000
Saturn	93,3	1/17918	0,20	0,5	95,2	928,5	2500000
Uranus	16,9	1/17918	0,25	1,0	17,9	75,85	201200

Die Maſſe der Sonne iſt 329630 mal größer als die der Erde, und die des Mondes iſt $\frac{1}{70}$ von jener der Erde. Die Dichte der Sonne iſt $\frac{1}{4}$ der mittleren Dichte der Erde oder 1,22 der Dichte des reinen Waſſers. Das Volumen oder der körperliche Inhalt der Sonne iſt 1330000 mal größer als das der Erde, oder es beträgt nahe 3730 Billionen Kubik-Meilen. Das Volumen des Mondes iſt nur $\frac{1}{50}$ von dem der Erde.

Geſchwindigkeit, Abplattung u. ſ. w. der Planeten.

	Geſchwindigkeit in der Bahn um die Sonne in 88 Tagen.	Geſchwindigkeit in 1 Secunde in Meil. in der Bahn.	Dauer der Rotation.	Geſchwindigkeit eines Punktes des Aequators in der tägl. Beweg. In Par. F.	Fall gegen die Sonne in einer Secunde. In Par. Linien.	Fall der Körper auf der Oberfläche in einer Sec. In Par. Fuß.	Abplattung.
Merkur	360°	6,7	24St. 5,5M.	504	8,5	14,1	—
Venus	140,9	4,9	23 21,3	1430	2,4	15,9	—
Erde	86,7	4,7	23 56,07	1422	1,3	15,1	1/300
Mars	46,1	3,4	24 39,3	798	0,5	6,3	1/16
Veſta	23,9	2,7	—	—	0,2	—	—
Juno	19,9	2,6	—	—	0,2	—	—
Ceres	18,8	2,5	—	—	0,2	—	—
Pallas	18,8	2,5	—	—	0,2	—	—
Jupiter	7,3	1,7	9 55,7	39070	0,05	38,8	1/13
Saturn	2,9	1,3	10 16,0	33500	0,01	15,1	1/11
Uranus	1,0	1,0	—	—	0,003	14,6	—

Die Dauer der Rotation der Sonne beträgt 25½ Tag, und auf ihrer Oberfläche fallen die Körper in der erſten Secunde durch 430 Par. Fuß.

In den Entfernungen der Planeten von der Sonne findet eine auffallende Regelmäßigkeit ſtatt, welche beſonders in die Augen fällt, wenn man ihre mittleren Entfernungen ausdrückt, wie folgt. Es ſei die mittlere Entfernung des Merkur von der Sonne = 4 (alſo ¼ dieſer Entfernung = 1), ſo findet man die mittlere Entfernung der Venus = 7, der Erde = 10, des Mars = 16, der Ceres, Pallas, Juno und Veſta = 28, des Jupiter = 52, des Saturn = 100 und des Uranus = 196. Dieſe Zahlen laſſen ſich ausdrücken wie folgt:

Merkur	$4 + 0 \times 3 = 4$
Venus	$4 + 1 \times 3 = 7$
Erde	$4 + 2 \times 3 = 10$
Mars	$4 + 4 \times 3 = 16$
Veſta, Juno, Ceres, Pallas	$4 + 8 \times 3 = 28$
Jupiter	$4 + 16 \times 3 = 52$
Saturn	$4 + 32 \times 3 = 100$
Uranus	$4 + 64 \times 3 = 196$

Die mittleren Zahlen, welche ſich ändern, 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 ſind die Potenzen der 2, d. h. diejenigen Zahlen, welche man erhält, wenn man erſt die 1 mit 2, dann das Product wieder mit 2, das neue Product wieder mit 2 u. ſ. f. multiplicirt. Als die 4 klei-

nen Planeten, Veſta u. ſ. w. noch nicht entdeckt waren, fehlte in der Reihe der Planeten die Diſtanz $4 + 8 \times 3$, daher hielten die deutſchen Aſtronomen, namentlich Bode, an der Ueberzeugung feſt, daß zwiſchen Mars und Jupiter noch ein Planet ſich finden müſſe. Statt eines hat man bekanntlich vier Planeten entdeckt, deren mittlere Entfernung ziemlich dieſelbe iſt, obſchon ihre wahren Entfernungen ſehr von einander abweichen, ſo wie auch ihre größten und kleinſten Entfernungen von der Erde ſehr verſchieden ſind. Da dieſe Planeten zuweilen ſehr nahe zuſammen kommen, und in der Planetenreihe dieſelbe Stelle einnehmen, ſo liegt die Vermuthung nahe, daß dieſelben vormals Einen Körper gebildet haben, der ſpäter durch irgend ein gewaltiges Naturereigniß auseinander geſprengt worden iſt. Die Bahnen dieſer Planeten zeichnen ſich durch große Excentricität aus, ſo daß ſie den Bahnen der Kometen nahe kommen, und durch einen großen Neigungswinkel gegen die Ekliptik. Während dieſer Winkel bei den älteren Planeten nicht über 7 Grad beträgt, iſt derſelbe bei der Juno 13° und bei der Pallas ſogar $34\frac{1}{2}°$. Damit hat dann der Thierkreis (ſ. d. Art.) ſeine alte Bedeutung verloren. —

Die Planeten ſcheinen ſich übrigens ſämmtlich ähnlich wie die Erde zu verhalten. Sie haben Atmoſphäre und ſind kugelförmige Körper, die aber im Verhältniß der Geſchwindigkeit ihrer Axenumdrehung abgeplattet ſind, aus demſelben Grunde, aus dem die Erde abgeplattet iſt. (S. d. Art. Erde).

Platina, Weißgold iſt ein edles Metall, welches erſt ſeit der Mitte des vorigen Jahrhunderts in Europa bekannt iſt, und ſeinen Namen von dem ſpaniſchen Plata, Silber, hat. Man fand es zuerſt in Südamerika (Peru und Braſilien), dann aber auch im aſiatiſchen Rußland am Ural. Es kommt ſtets gediegen vor, oder in Verbindung mit anderen Metallen, als Palladium, Rhodium, Iridium, Osmium, Gold, Eiſen u. a. Das rohe Platin wird mit Königswaſſer behandelt, und ſo erhält man zuletzt eine graue, glanzloſe, lockere, poröſe Maſſe, welche Platinſchwamm heißt, und die ſich durch die Eigenſchaft auszeichnet, in gewöhnlicher und noch niederer Temperatur die Verbindung von Waſſerſtoffgas mit Sauerſtoffgas, ſo daß jenes brennt, zu bewirken, ohne dabei ſelbſt verändert zu werden. Döbereiner hat ihn daher zu Herſtellung von Feuerzeugen benutzt (ſ. d. Art. Feuerzeug S. 435.). Derſelbe gibt zur Bereitung eines hierbei vorzüglich brauchbaren Platinſchwammes die Regel, daß man Platinſalmiak (ſ. d. Folg.) mit concentrirtem Aetzammoniak befeuchte, und die teigige Maſſe, feſt in einen Tiegel geſtampft, bis zur Zerlegung glühe. Er verliert ſeine zündende Kraft durch verſchiedene Subſtanzen, wenn ſie mit ihm in Berührung kommen, als Kohle und alle kohlenhaltigen Subſtanzen, Fett, und am ſchnellſten durch Ammoniak und ammoniakhaltige Luft. Ein Platinſchwamm welcher hierdurch ſeine Zündkraft verloren hat, erhält dieſelbe durch Salpeter- und Salzſäure wieder, wenn man ſie auch nur in Dunſtform mit ihm in Berührung bringt. Eine gleiche, ja noch größere Zündkraft hat auch das Platin in Pulverform, das Pla-

tinſchwarz, der Platinmohr. Daſſelbe erhält man nach Liebig rein, wenn reines Halb=Chlorplatin mit ſtarker Aetzkalilauge bis zur Auflöſung erhitzt, und der vom Feuer entfernten Auflöſung nach und nach Weingeiſt zugeſetzt wird. Unter ſtarkem Aufbrauſen und Entwicklung einer ätheriſchen Flüſſigkeit ſchlägt ſich ein ſammetſchwarzes ſchweres Pulver nieder, welches wiederholt mit Waſſer gekocht und ſo ausgewaſchen wird, dann aber in einer Schale, ohne mit Papier in Berührung zu kommen, getrocknet wird. Döbereiner bringt 4 Theile ſalzſaures Platinoxydkali mit einer faſt bis zum Sieden erhitzten Löſung von 3 Th. geſchmolzenen reinen Aetzkali's in 12 bis 18 Th. ſchwachen Branntweins in einem weitem Glasgefäße in Berührung und läßt das Ganze an einem warmen, von der Sonne beleuchteten Orte unter öfterem Umrühren 8 Tage oder ſo lange in Berührung, bis ſich aus dem ſchwarzen Niederſchlage keine Luftblaſen mehr entwickeln, und wäſcht den Platinmohr mit reinem Waſſer, auch etwas Eſſigſäure vollkommen aus. Nach einer anderen Methode erhitzt derſelbe 16 Th. ſalzſauren Platinoxyds mit einer wäſſerigen Löſung von 40 bis 48 Th. kryſtalliſirten kohlenſauren Natron und 3 bis 4 Th. Zucker in einem Glaskolben und kocht das Gemiſche unter Umſchwenken gegen 10 Minuten, wo Platinmohr gebildet iſt, den man auswäſcht. Auch durch Niederſchlagen einer verdünnten Platinauflöſung mit Zink erhält man ein ähnliches Pulver, das jedoch etwas abweichende Eigenſchaften zeigt. — Befeuchtet man dieſes pulverige Platin mit Alkohol oder bringt es mit Alkoholdämpfen bei Gegenwart atmoſphäriſcher Luft in Berührung, ſo erhitzt es ſich zuweilen bis zum Glühen, wobei der Weingeiſt in Eſſigſäure umgewandelt wird. Hierbei erhitzt ſich Aether oft bis zum Entflammen, und dabei wird das Pulver nicht verändert und behält dieſe Eigenſchaft beſtändig. Durch wiederholtes Glühen und Hämmern, oder wenn man es mit $\frac{1}{8}$ Arſenik zuſammenſchmilzt und dann an der Luft glüht, um den Arſenik zu vertreiben, und es hämmert, erhält man ſchmiedbares Platin. Das reine Platin iſt von ſtahlgrauer ins Silberweiße gehender Farbe, von geringerem Metallglanz als Silber, und ſteht in der Härte zwiſchen Kupfer und Eiſen. Es iſt nach Silber und Gold das dehnbarſte Metall, hat ein ſpecif. Gewicht = 21,5 bis 21,74 und iſt für ſich im heftigſten Eſſenfeuer unſchmelzbar, wird jedoch in der Weißglühhitze weich und läßt ſich ſchweißen. Im Knallgasgebläſe, im Focus ſtarker Brennſpiegel und durch eine ſtarke galvaniſche Säule läßt es ſich ſchmelzen. Es wird durch keine Säure, außer durch Königswaſſer (wegen ſeines Chlorgehalts) aufgelöſt. Man braucht daſſelbe namentlich zur Herſtellung von Gefäßen, die zu chemiſchen Zwecken gebraucht werden, zu Tiegeln, Schalen, auch zu Spateln Löffeln, Zangen, Pincetten, wozu es ſich ſeiner Eigenſchaften wegen vorzüglich qualificirt. Man braucht es ferner zum Auslegen und Verbohren der Zündlöcher an Jagdgewehren, als Blech zum Belegen der Zündpfannen, zu Spitzen der Blitzableiter u. ſ. w. Seit 1827 hat man in Rußland Münzen aus Platina in Umlauf gebracht. Man verfertigt Platinablech und Platinadraht, den letzteren bis zu einer Dünnheit, daß man ihn kaum mit unbewaffnetem Auge wahrnehmen

kann. Dieſen Draht benutzt man namentlich zur Herſtellung der Davyſchen Glühlämpchen. Wenn man nämlich Weingeiſt oder Aether verdunſten läßt, und in den aufſteigenden Dampf ein etwas erwärmtes Blättchen Platinblech oder einen ſchraubenförmig gewundenen feinen Platindraht hält, ſo bewirken dieſe eine fortdauernde Verbindung der aufſteigenden Dämpfe mit dem Sauerſtoffgas der atmoſphäriſchen Luft, erzeugen dadurch die Bildung einer eigenthümlichen, von der Art ihres Entſtehens Lampenſäure genannten gasförmigen Säure, und werden durch den fortdauernden langſamen Verbrennungsproceß im Zuſtande des Glühens erhalten. Man wickelt den feinen Platindraht um eine 1,5 Lin. dicke Glasröhre ſchraubenförmig und mit dichten Lagen über einander bis zur Höhe von 0,3 bis 0,5 Zoll, zieht das Gewinde herab, und ſtellt es auf den eben geſchnittenen Docht einer gewöhnlichen Weingaslampe. Wird dieſe angezündet und nach der Erhitzung des Löckchens durch die Flamme wieder ausgeblaſen, ſo zeigt ſich letzteres bald nachher rothglühend, faſt bis zum Weißglühen. Form und Größe der Lampe kommen hierbei nicht in Betrachtung; auch kann der Docht füglich entbehrt werden, wenn man nur das Löckchen ſo befeſtigt, daß es nicht zu ſehr abgekühlt, der Weingeiſtdampf demſelben dagegen ſtets zugeführt wird. Es genügt daher auch, ſtatt der Lampe jedes beliebige Gläschen anzuwenden, und ſtatt des Dochtes kann ſogar eine bloße Glasröhre dienen, an welcher man das Löckchen befeſtigt; doch bleibt die erſte Einrichtung die bequemſte und beſte. Man hat ferner verſucht, das glühende Löckchen mit einem kleinen gläſernen Schornſteine (Camine, Glascylinder), wie die Argandſchen Lampen, zu umgeben. Dieſe Lämpchen, welche ſehr bequem als Feuerzeug, auch als Nachtlampen ſcheinen, haben den Nachtheil, daß ſie ſehr viel dunſtförmige Lampenſäure erzeugen, welche man ſogleich durch den Geruch erkennt, und die Kopfſchmerzen erregt. Man hat noch kein bequemes Mittel gefunden, dieſem Uebelſtande abzuhelfen. — In Königswaſſer aufgelöſt und mit ſalzſaurem Ammoniak niedergeſchlagen, erhält man ein Platinpulver, Malerplatina, welches zum Verplatiniren des Steingutes und des Porzellans genommen wird. Döbereiner verplatinirt Glas u. ſ. w., indem er Chlorplatin wiederholt mit Alkohol in gelinder Wärme behandelt, bis eine braune Maſſe entſtanden iſt, welche in der Hitze leicht verkohlt, aber in vielem Weingeiſt auflöslich iſt. Die Geräthſchaften taucht man in die geiſtige Auflöſung, trocknet ſie an der Luft, indem man ſie immer ſo dreht, daß ſich die Maſſe gleichförmig auf der Fläche vertheilt, und erhitzt ſie nach dem Trocknen über der Weingeiſtflamme bis zum Glühen, wo das Glas u. ſ. w. mit einem ſchönen ſpiegelglänzenden Platinüberzug, der ſehr feſt anhängt, bedeckt iſt. — Aus der Luft zieht Platin bei keiner Temperatur Sauerſtoff an, ſo wie es auch durch keine Säure aufgelöſt wird. Nur durch wäſſriges Chlor und Königswaſſer erhält man ſchwierig ſalzſaures Platinoxyd. Das Platin oxydirt ſich ferner beim Schmelzen mit Alkalien oder Salpeter. Das Platinoxydul iſt ein kohlenſchwarzes, im waſſerleeren Zuſtande graugrünes Pulver; das Platinoxyd iſt als Hydrat ein hellbraunes Pulver, das durch Erhitzen dunkelbraun wird,

und bei noch ſtärkerem Erhitzen den Sauerſtoff fahren läßt. Mit Säuren bildet es braune Salze, aus welchen Phosphor und die meiſten Metalle reguliniſches Platin abſcheiden. Hydronthionſäure fällt die Löſungen ſchwarz, Salmiak und ſalzſaures Kali gelb. — Durch Auflöſen des Platins in Königswaſſer erhält man ſalzſaures Platinoxyd oder Platinchlorid. Die Auflöſung iſt eine dunkelbraune Flüſſigkeit von herbmetalliſchem Geſchmack, welche die Haut braun färbt und aus der beim Verdunſten braune Kryſtalle anſchießen. Beim Verdampfen zur Trockne bleibt eine rothbraune Maſſe zurück, einfach Chlorplatin, Platinchlorid. Wird es bis zum Schmelzen des Zinns erhitzt, ſo entweicht Chlor, und es bleibt halb Chlorplatin, Platinchlorür, als eine olivengrüne Maſſe zurück, der man die letzten Antheile einfach Chlorplatin durch kochendes Waſſer entzieht. Durch noch ſtärkere Hitze wird auch dieſes zerlegt, Chlor entweicht und Platin bleibt. Auf trockenem Wege verbindet ſich Platin mit Schwefel, Phosphor und Arſenik, mit den beiden letzteren unter Feuererſcheinung. Der Platinſalmiak oder das ſalzſaure Platinoxyd-Ammoniak iſt ein gelbes kryſtalliniſches ſchwerlösliches Pulver. — Sechszehn Theile Kupfer, 1 Theil Zink und 7 Theile Platin geben ein Metallgemiſch, welches dem Golde ſehr ähnlich iſt.

Platte, elektriſche, elektriſches Quadrat iſt jede Platte oder Tafel aus einer iſolirenden Subſtanz (Glas, Siegellack, Harz) welche auf beiden Seiten mit einer leitenden Subſtanz (Zinnfolie) ſo belegt iſt, daß ringsum ein iſolirender Rand übrig bleibt, und daher eine Leidner Flaſche (ſ. d. Art.) in ebener Form. Die elektriſche Platte läßt ſich daher auch ganz wie die Leidner Flaſche laden und entladen. Zur Herſtellung belegt man Glasplatten mit Zinnfolie oder Goldblättchen, die 1 bis 2 Zoll vom Rande abſtehen, damit keine Selbſtentladung ſtattfindet. Um Platten aus harziger Subſtanz zu belegen, legt man erſt ein Stück Zinnfolie von paſſender Größe auf eine Marmorplatte, macht ringsum einen Rand von der Größe der zu gießenden Platte, gießt das geſchmolzene Harz in die Form, läßt die Platte ziemlich erſtarren glättet die obere Fläche mit einer Glasſcheibe, und legt endlich die obere Zinnfolie auf den noch nicht erkalteten Kuchen und drückt ſie gelind mit einem heißen Eiſen an. Um den Leidner Verſuch mit einer ſolchen Platte anzuſtellen, darf man nur die eine Seite der Tafel mit der Erde, die andere mit dem Conductor einer Elektriſirmaſchine verbinden, und wenn die Platte durch Drehung der Maſchine geladen iſt, eine leitende Verbindung der Belegung beider Seiten machen. Man kann z. B. das elektriſche Quadrat auf eine Metallplatte legen, die durch eine Kette mit dem Conductor der Elektriſirmaſchine verbunden, und auf einem Glasfuße iſolirt iſt. Legt man alsdann die Hand auf die obere Belegung des Quadrats, damit dieſelbe nicht mehr iſolirt ſei, und dreht die Maſchine, ſo wird die elektriſche Platte eine ſehr ſtarke Ladung annehmen. Wollte man alsdann mit der andern Hand einen Funken aus dem Conductor oder der Kette ziehen, ſo würde die Platte augenblicklich mit einem ſtarken Schlage durch den Körper entladen werden.

Man bedient ſich aber zur Entladung lieber eines Ausladers (ſ. d. Art.), den man mit dem einen Knopfe auf die Platte aufſetzt, mit dem andern aber dem Conductor oder der Kette nähert. Faßt man hingegen die Platte am unbelegten Rande und in gehöriger Entfernung von den Belegungen an, ſo kann man ſie ſicher abheben, und geladen von einem Orte zum andern bringen. Sie bleibt lange Zeit geladen, wenn keine leitende Verbindung beider Seiten gemacht wird. — Wie bei der Flaſche dienen die Belege der Platte nur dazu die Elektricität ſchnell und gleichmäßig über alle Theile der iſolirenden Platte zu verbreiten, und bei der Entladung zugleich allen Punkten auf einmal die Elektricität zu entziehen. Wäre die Glasfläche ohne Belegung, ſo würde beim Laden die Elektr. nur zunächſt derjenigen Glasſtelle zugeführt werden, mit welcher der Zuleitungsdraht in unmittelbarer Berührung iſt, und alle übrigen Stellen würden ſo gut wie ohne Ladung bleiben. Bei gehörigem Verfahren kann man indeß auch eine unbelegte Flaſche oder Platte laden. Man halte eine reine und trockene Glasplatte an einer ihrer Ecken, und fahre mit ihr über die am poſitiven oder negativen Conductor durch einen Meſſingdraht befeſtigte hervorſtehende Kugel, ſo daß jede Stelle des Glaſes nach und nach mit ihr in Berührung kommt, während man die Glasplatte auf der andern Seite mit dem Finger oder irgend einem andern mit dem Erdboden in Verbindung ſtehenden Leiter, der jedesmal an der Kugel anliegenden Stelle gegenüber, berührt. Die Glasplatte wird auf dieſe Art geladen, indeß zeigt ſie ihre volle Ladung durch eine Exploſion, wie andere belegte Glasplatten nur dann, wenn man vor Anbringung des Ausladers an ihre beiden Oberflächen Metallplatten anlegt, die auf einmal von allen Punkten der geladenen Glasfläche die Elektr. dem Auslader zuführen können, während bei Anbringung des Ausladers an die unbelegte Glasfläche die Entladung nur von jeder einzelnen Stelle aus, mit welcher der Auslader in Berührung kommt, mit einem kleinen Funken geſchieht, deßwegen aber auch nach der Reihe viele ſolcher Entladungen erfolgen können, wenn man mit dem Auslader über die Glasplatte hinfährt. Noch ſchneller kann man die Ladung einer ſolchen unbelegten Glastafel bewirken, wenn man die Zuleiter, welche ihren beiden Flächen die entgegengeſetzten Elektricitäten zuführen ſollen, zuſpitzt, und die Glastafel während der Elektriſirung zwiſchen ihnen hin und herführt.

Auch flüſſige Körper können als Zwiſchenlage ſtatt der Glasſcheibe gebraucht werden. Man nehme eine irdene Schüſſel mit flachem Boden, lege in dieſelbe ein Stück Zinnfolie, das ringsum 1 Zoll ſchmäler iſt als der Boden der Schüſſel, und ſtecke durch eine Oeffnung im Boden einen dünnen Draht ein, der bis an die Zinnfolie reicht. Dann gieße man den elektriſchen Körper, z. B. Oel, geſchmolzenen Talg u. dgl. auf, und laſſe eine meſſingene Platte, die mit der Zinnfolie einerlei Größe hat, von dem Conductor der Elektriſirmaſchine in die Schüſſel bis an die Oberfläche des flüſſigen Körpers herabhängen, ſo daß ſie gerade über die Zinnfolie kömmt, und mit derſelben parallel hängt. So läßt ſich der flüſſige Körper laden, und zu Verſuchen gebrauchen. Ja ſogar eine Luftſchicht kann an die Stelle

der iſolirenden Platte geſetzt werden. Die Ladung einer Luftſchicht wird dadurch bewirkt, daß man zwei mit Stanniol überzogene, recht ebene Breter einander gegenüber bringt, indem man das eine auf den Tiſch legt und das andere an ſeidene Fäden aufhängt, genau parallel über dem erſteren, durch eine Luftſchicht von einem Zoll davon getrennt, und dem letzteren durch die Maſchine Elektr. zuführt. Hier wird man bei der Berührung beider Flächen eine ſtarke Erſchütterung erhalten, zum Beweiſe einer wirklich ſtattfindenden Ladung, und zwar auch dann, wenn man während der Anſtellung des Verſuchs durch einen Blaſebalg die dazwiſchen befindliche Luft fortdauernd erneuert.

Polariſation des Lichtes. Unter den von Natur mit doppelter Brechung (ſ. d. Art.) begabten Körpern findet ein Unterſchied ſtatt, indem einige Eine, andere zwei Axen haben. Bei jedem Kryſtall mit doppelter Brechung gibt es nämlich eine oder zwei Richtungen, nach denen ein Lichtſtrahl ſich niemals theilt, ſondern unzerſpalten hindurchgeht. Dieſe Richtungen heißen die optiſchen Axen des Kryſtalles, oder kurz die Axen, und haben ſtets eine gewiſſe Symmetrie gegen die natürlichen Flächen der Kryſtallform. Die Kryſtalle, in deren Innern es nur Eine Richtung der Untheilbarkeit gibt, heißen *Kryſtalle mit Einer Axe*, wogegen die mit zwei Richtungen der Untheilbarkeit begabten Kryſtalle mit zwei Axen heißen. Es ſcheint keine regelmäßigen Kryſtalle mit mehr als zwei Axen zu geben. Bekanntlich ſpricht man auch in der Kryſtallographie (ſ. d. Art. *Kryſtall*) von Axen der Kryſtalle. *Brewſter* hat das allgemeine Geſetz aufgeſtellt, daß bei den Kryſtallen mit Einer Axe die Axe der doppelten Brechung oder die optiſche Axe ſtets mit der kryſtallographiſchen Axe zuſammenfällt. Bei den Kryſtallen mit Einer Axe heißt der *Hauptſchnitt* eine durch die Axe gelegte Ebene, welche ſenkrecht auf irgend einer natürlichen oder künſtlichen Fläche des Kryſtalles ſteht, wonach jeder Fläche des Kryſtalles ein eigener Hauptſchnitt entſpricht. Die Erfahrung hat nun gelehrt (ſ. d. Art. *Brechung, doppelte*), daß der ungewöhnlich gebrochene Strahl ſtets in der Einfallsebene bleibt, wie der gewöhnlich gebrochene Strahl, ſobald die Einfallsebene mit der Verlängerung des Hauptſchnittes zuſammenfällt. Ein *Schnitt ſenkrecht auf die Axe* iſt jede im Innern des Kryſtalls liegende Ebene, welche ſenkrecht auf der Axe deſſelben ſteht. Wann ein Lichtſtrahl einen ſolchen Schnitt zur Einfallsebene hat, ſo hat der gewöhnlich gebrochene und der ungewöhnlich gebrochene Strahl denſelben Schnitt auch zur Brechungsebene. In dieſer Ebene allein haben der Sinus des Einfallswinkels und der Sinus des Brechungswinkels (ſ. d. Art. *Brechung, doppelte*) des ungewöhnlich gebrochenen Strahles ein conſtantes Verhältniß für jede Neigung, in welcher der Strahl einfällt. Dieſes Verhältniß heißt der *Brechungsexponent* des ungewöhnlich gebrochenen Strahles. *Biot* fand zuerſt, daß der Brechungsexponent des ungewöhnlich gebrochenen Strahles bei einigen Kryſtallen kleiner, bei anderen größer als der Brechungsexponent des gewöhnlich gebrochenen Strahles iſt. *Biot* nannte

jene **abſtoßende**, dieſe **anziehende** Kryſtalle; nach **Brewſter** aber unterſcheidet man **negative** und **poſitive** Kryſtalle, je nachdem der Brechungsexponent des ungewöhnlich gebrochenen Strahles kleiner oder größer als der gewöhnliche Brechungsexponent iſt.

In folgender Tabelle ſind einaxige Kryſtalle zuſammengeſtellt, indem die Zeichen + und — ſie als poſitiv oder negativ bezeichnen.

Lage und Charakter der optiſchen Axen in mehreren Kryſtallen.*)

a) Einaxige Kryſtalle.

Name des Kryſtalles.	Beſchaffenheit der Axe.	Name des Kryſtalles.	Beſchaffenheit der Axe.
Apatit	—	Kalk, ſalzſaurer	—
Apophyllit: für rothes Licht	—	Kalk-Magneſia, kohlenſaure	
„ für blaues	+	(Bitterſpath)	—
		Kalkſpath	—
Bergkryſtall	+		
Beryll	—	Magneſiahydrat	+
Blei, phosphorſaures	—		
„ phosphorarſenikſaures	—	Nickelkupfer, ſchwefelſaures	—
Boracit	+		
		Rubellit	—
Corund	—	Rubin	—
Eis	+	Saphir	—
Eiſenoxyd	+	Smaragd	—
		Strontianhydrat	—
Glimmer von Kariat	—	Strontian, ſalzſaurer	—
Borax	—	Titanit	+
		Turmalin	—
Kali, arſenikſaures	—		
„ unterſchwefelſaures	—	Wernerit	—
Kalkeiſen, kohlenſaures			
(Braunſpath)	—	Zink, wolframſaures	+
„ ſchwefelſaures	+	Zirkon	+
Kalkkupfer, eſſigſaurer	+		

*) Aus **Baumgartners Naturlehre**. Supplementband. Wien 1831.

Die Axen der zweiaxigen Kryſtalle laſſen ſich auf eine einfache Weiſe von der kryſtallographiſchen Axe nicht ableiten. *Fresnel* hat die Entdeckung gemacht, daß bei dieſen Kryſtallen ein gewöhnlich gebrochener Strahl überhaupt nicht vorkommt, d. h. daß die beiden Strahlen, welche durch die Theilung des einfallenden Strahles entſtehen, beide die allgemeinen Geſetze der einfachen Brechung nicht befolgen. Geſetzt PX und PX′ (Fig. 39.) ſeien die beiden Axen eines Kryſtalles, ſo iſt XPX′ der Winkel oder die Neigung dieſer Axen und die Linie PM, welche dieſen Winkel halbirt, iſt die *mittlere Linie*. Der *ſenkrechte Schnitt auf die mittlere Linie*, d. h. eine Ebene, welche auf PM ſenkrecht ſteht, iſt eine ſolche, für welche der eine der beiden Strahlen nach den allgemeinen Geſetzen der Brechung gebildet wird. Die Linie PS, welche ſenkrecht auf PM ſteht, heißt die *Supplementenlinie*, weil ſie den Supplementenwinkel X′PX des Axenwinkels halbirt (Ergänzungswinkel zu zwei Rechten). Für einen *Schnitt ſenkrecht auf die Supplementenlinie* wird der andere der beiden Strahlen nach den allgemeinen Brechungsgeſetzen gebildet. Mit Hilfe dieſer beiden Schnitte kann man die Brechungsexponenten der beiden Strahlen beſtimmen. In nachſtehender Tabelle ſind Körper mit zwei Axen nebſt den Winkeln, die dieſe Axen mit einander machen, zuſammengeſtellt.*)

b) Zweiaxige Körper.

Name des Körpers.		Beſchaffenheit der Hauptaxe nach Brewſter.	Neigung der Axen.
Ammoniak, benzoeſaures	Bw.	+	45° 8,
„ „	Mx.	+	48 8
„ kohlenſaures	Bw.	—	43 24
„ ſchwefelſaures	Mx.	......	49 42
Ammoniak-Magneſia: ſchwefelſaure	Bw.	+	51 22
Anhydrit	B.	......	44 41
„	Bw.	+	28 7
Apophyllit	Hers.	—	35 8

*) Dieſe weitere Erörterung der doppelten Brechung, welche ... niſſe der Polariſation nöthig, ſo wie die Zuſammenſtell... tionserſcheinungen iſt nach Pouillet Elemens de Ph... Sec. Edit. Paris 1832.

Name des Körpers.		Beſchaffenheit der Hauptaxe nach Brewſter.	Neigung der Axen.
Aragonit f. d. Strahl (Fig. 40.) H	Rud.	—	20° 25′ 6″
• • • • G	Rud.	……	20 12 6
• • • • F	Rud.	……	20 0 50
• • • • E	Rud.	……	19 53 0
• • • • D	Rud.	……	19 37 8
• • • • C	Rud.	……	19 33 14
• • • • B	Rud.	……	19 44 40
• • • ……………	Bw.	—	18 18
Baryt, kohlenſaurer………………		—	…………
• ſchwefelſaurer………………	Bw.	+	37 42
• unterſchwefelſaurer…………	Mx.	……	ſehr groß
Barythydrat………………	Bw.	—	13 18
Bernſteinſäure………………	Bw.	—	90 nahe
Blei, eſſigſaures………………	Bw.	—	70 25
• kohlenſaures………………	Bw.	—	5 15
• • ………………	Mx.	—	3 0
• ſchwefelkohlenſaures………		—	…………
Borax, natürlicher (Tinkal)………	Bw.	+	38 48
• künſtlicher………………	Bw.	+	28 42
Citronenſäure………………	Bw.	+	70 29
Comptonit………………	Bw.	+	56 6
Cyanit………………	Bw.	+	81 48
Cymophan………………	Bw.	+	27 51
Dichroit………………	Bw.	……	60 6
• ………………	Mx.	……	62 80
Eiſen, ſchwefelſaures………………	Bw.	……	90 0 nahe
Epidot………………	Bw.	—	84 19
• ………………	Mx.	……	87 19
Feldſpath………………	Bw.	—	63 0
Glauberit, fur violettes Licht………	Bw.	—	90
Glimmer………………	B.	……	30
• andere Varietäten………	B.	—	31
• • • ………	B.	……	32
• • • ………	B.	……	34
• • • ………	B.	……	37
• ………………	Bw.	—	14 0
• ………………	Bw.	……	25 0
• ………………	Bw.	—	6 0
• ruſſiſcher………………	Mx.	……	40 41 55
Iolith………………	Bw.	—	62 50
Kali, blauſaures………………	Bw.	‡	19 24
• • ………………	Mx.	‡	19 34
• chlorſaures………………	Bw.	……	82 0
• kohlenſaures………………	Bw.	……	80 30

Name des Körpers.		Beſchaffenheit der Hauptaxe nach Brewſter.	Neigung der Axen.
Kali, ſalpeterſaures	Bw.	—	5° 20′
» »	Mx.	—	5 15
» ſchwefelſaures,	Bw.	+	67 0
» weinſteinſaures	Bw.	—	71 20
Kali-Natron, weinſteinſaures	Bw.	+	80 0
Kalk, ſchwefelſaurer, bei gewöhnlicher Temperatur	Mx.	—	60 0
» » bei 58°. 8	Ml.	—	0 0
Kupfer, ſalzſaures		—	84 30
Lepidolith,	Bw.	—	45 0
Magneſia, ſchwefelſaure	Bw.	—	37 24
Magneſia-Eiſen, ſalzſchwefelſaures	Bw.	—	51 16
Magneſia-Natron, ſchwefelſaures	Bw.	......	46 49
Nickel, ſchwefelſaurer	Bw.	+	42 4
Peridot	Bw.	......	87 56
Perlmutter	Bw.	—	11 28
Silber, ſalpeterſaures	Bw.	+	62 16
Soda, kohlenſaure	Bw.	—	70 1
» phosphorſaure	Bw.	—	55 20
» unterſchwefelſaure	Mx.	......	89 20
Spermacet	Bw.	+	37 40
Stilbit	Bw.	+	41 42
Strontian, kohlenſaurer	Bw.	—	6 56
» ſchwefelſaurer	Bw.	+	50 0
Talk	Bw.	—	7 24
Topas, weißer	B.	......	49 1 20″
» »	Bw.	......	49 50
» von Aberdeenſhire		+	65 0
» f. d. Strahl (Fig. 40.) H	Rud.	......	54 54 0
» » » » G	Rud.	......	55 34 24
» » » » F	Rud.	......	56 37 24
» » » » E	Rud.	......	56 40 30
» » » » D	Rud.	......	56 37 30
» » » » C	Rud.	......	56 3 0
» » » » B	Rud.	......	55 51 58
»	Bw.	+	65 0
Weinſteinſäure	Bw.	—	79 0 nahe
Zink, ſalpeterſaures	Bw.	......	40 0
» ſchwefelſaures	Bw.	—	44 28
Zucker	Bw.	—	50 0

Wenn man von einem gegebenem Punkte in einem Kryſtalle aus ſich nach allen möglichen Richtungen gerade Linien gezogen denkt, ſo iſt klar, daß ein Lichtſtrahl durch dieſen Punkt ſo gehen kann, daß er nacheinander in jeder dieſer Richtungen liegt. In einem Kryſtall mit Einer Axe wird der gewöhnliche Strahl immer dieſelbe Geſchwindigkeit haben (nach der Undulationstheorie ſ. d. Art. Licht), welches auch die Richtung ſein mag, in der er durch jenen Punkt hindurch geht; während daß der ungewöhnlich gebrochene Strahl eine Anzahl verſchiedener Geſchwindigkeiten haben wird, welche innerhalb zweier beſtimmter Grenzen liegen. In einem Kryſtalle mit 2 Axen werden die Geſchwindigkeiten ſich mit den Richtungen ändern, ſowohl in Bezug auf den einen, wie auf den andern der beiden Strahlen, und dieſe Geſchwindigkeiten werden ſich nach verſchiedenen Geſetzen ändern. Huyghens hat eine geometriſche Conſtruction angegeben, mit deren Hilfe man zugleich alle Geſchwindigkeiten des ungewöhnlich gebrochenen Strahles und alle entſprechende Lagen deſſelben gegen den gewöhnlich gebrochenen Strahl findet; aber dieſe Conſtruction läßt ſich nur auf die Kryſtalle mit Einer Axe anwenden. Fresnel entdeckte zuerſt die Urſache der Polariſation, der doppelten Brechung und das allgemeine Geſetz dieſer Phänomene in allen Kryſtallen.*)

---

*) Die Geſchwindigkeiten der beiden Strahlen, welche durch doppelte Brechung entſtehen, ſind (nach Fresnel) folgende:

$$V^2 = D^2 + (D'^2 - D^2) \sin.^2 \tfrac{1}{2} (A' - A)$$
$$V'^2 = D^2 + (D'^2 - D^2) \sin.^2 \tfrac{1}{2} (A'^2 + A)$$

In dieſen Formeln bezeichnet V die gewöhnliche Geſchwindigkeit; V' die ungewöhnliche Geſchwindigkeit; A den Winkel des Strahles mit der erſten Axe; A' den Winkel des Strahles mit der zweiten Axe; D bei den Kryſtallen mit Einer Axe die gewöhnliche Geſchwindigkeit, bei den Kryſtallen mit 2 Axen die conſtante Geſchwindigkeit (entſprechend dem conſtanten Brechungsexponenten) in dem Schnitt ſenkrecht auf die Supplementenlinie; D' bei den Kryſtallen mit Einer Axe die ungewöhnliche Geſchwindigkeit, bei den Kryſtallen mit 2 Axen die conſtante Geſchwindigkeit in dem Schnitte ſenkrecht auf die mittlere Linie. Zum beſſeren Verſtändniſſe der Formeln dient folgende Betrachtung einzelner Fälle.

1) Kryſtalle mit Einer Axe. Wenn die beiden Axen zu Einer ſich vereinigen, ſo reduciren ſich die Winkel A und A' gleichſam auf Eine Größe; d. h. A = A'. Somit hat man für die Kryſtalle mit Einer Axe einfach

$$V^2 = D^2$$
$$V'^2 = D^2 + (D'^2 - D^2) \sin.^2 A.$$

Die erſte Gleichung drückt aus, daß die gewöhnliche Geſchwindigkeit V in allen Richtungen conſtant und ſtets = D iſt. — Die zweite Gleichung zeigt an, daß die ungewöhnliche Geſchwindigkeit V' von dem Winkel A abhängt, welchen der ungewöhnliche Strahl mit der Axe macht. — Wenn dieſer Strahl in dem Schnitte ſenkrecht auf die Axe ſich befindet, ſo hat man A = 90° und $\sin.^2 A = 1$, woraus folgt V' = D', welches zeigt,

Wenn ein Lichtbüdel von einer Glasplatte zurückgeworfen wird, indem es mit der Oberfläche einen Winkel von 35° 25′ macht, ſo ſagt man, daß es polariſirt ſei, weil es ſodann beſondere Eigenthümlichkeiten zeigt, welche man beim natürlichen Lichte niemals bemerkt. Von dieſen Eigenthümlichkeiten ſind namentlich folgende drei charakteriſtiſch.

1) Wenn es durch ein doppelt brechendes Prisma geht, ſo gibt es nur Ein Bild, ſobald der Hauptſchnitt dieſes Prismas parallel

---

daß in dieſem Schnitte die ungewöhnliche Geſchwindigkeit (daher der Brechungsexponent ſ. oben) conſtant iſt. — Dieſe beiden Werthe von D und D′ ſind die beiden Grenzen der ungewöhnlichen Geſchwindigkeit; der eine iſt ihr Maximum, der andere ihr Minimum. — Wenn der Strahl parallel der Axe ſich bewegt, ſo hat man $A = 0$ und $\sin.^2 A = 0$, woraus folgt, daß $V' = D$. Alſo iſt in dieſer Richtung, und allein in dieſer die ungewöhnliche Geſchwindigkeit gleich der gewöhnlichen. (Welches eben ſoviel iſt, als in dieſer Richtung findet eine Spaltung des Strahles überhaupt nicht ſtatt.)

Nach der hier zu Grunde liegenden Undulationshypotheſe iſt der Brechungsexponent nichts anderes, als das directe Verhältniß der Geſchwindigkeiten, und wenn wir die Geſchwindigkeit des Lichtes im leeren Raume $= 1$ nennen, ſo wird $\frac{1}{D'}$ der Brechungsexponent des ungewöhnlichen Strahles in dem Schnitte ſenkrecht auf die Axe ſein, während $\frac{1}{D}$ der Brechungsexponent des gewöhnlichen Strahles iſt. Der Charakter der negativen Kryſtalle wird daher ſein $\frac{1}{D'} < \frac{1}{D}$ oder $D' > D$ und der Charakter der poſitiven $\frac{1}{D'} > \frac{1}{D}$ oder $D' < D$. Im erſten Falle iſt $D'^2 - D^2$, der Coefficient von $\sin.^2 A$, poſitiv und das Maximum von V' entſpricht dem Falle, wo man hat $\sin.^2 A = 1$ oder $A = 90°$, während das Minimum entſpricht dem Falle wo $\sin. A = 0$ oder $A = 0$ iſt. Im zweiten Falle iſt im Gegentheile $D'^2 - D^2$ negativ und dem Minimum von V' entſpricht der Fall $A = 90°$ und das Maximum dem Fall $A = 0$. Der ungewöhnliche Strahl erlangt alſo ſtets ſeine größte und ſeine geringſte Geſchwindigkeit dann, wenn er ſich in der Richtung der Axe und in ſenkrechtem Schnitte auf der Axe fortpflanzt. Aber bei den negativen Kryſtallen findet das Maximum ſtatt im Schnitte ſenkrecht auf die Axe, das Minimum in der Richtung der Axe, und das entgegengeſetzte iſt der Fall bei den poſitiven Kryſtallen.

2) Kryſtalle mit 2 Axen. Wenn der Strahl in dem Schnitte ſenkrecht auf die Supplementenlinie PS (Fig. 39.) iſt, ſo macht er offenbar ſtets gleiche Winkel mit jeder der Axen PX und PX′, alſo daß $A = A'$, $\sin.^2 \frac{1}{2} (A' - A) = 0$ iſt, und V^2 ſich reducirt auf $V^2 = D^2$ oder $V = D$. So iſt alſo D in dieſem Falle der Ausdruck der Geſchwindigkeit, und in dieſer Beziehung werden alle diejenigen Geſchwindigkeiten,

oder ſenkrecht iſt gegen die Reflexionsebene, während es zwei Bilder von größerer oder geringerer Intenſität in jeder anderen Stellung gibt.

2) Es erleidet **keine Zurückwerfung**, wenn es auf eine zweite Glasplatte unter demſelben Winkel von 35° 25′ fällt, ſobald die Einfallsebene auf dieſe zweite Platte ſenkrecht iſt gegen die Einfallsebene auf die erſte, während es in anderen Ebenen und bei anderen Einfallswinkeln theilweiſe zurückgeworfen wird.

3) Es iſt unfähig ſenkrecht durch eine Turmalinplatte hindurchzugehen, deren Axe parallel der Reflexionsebene iſt, während es mit ſteigender Intenſität hindurchgeht, je mehr die Axe des Turmalin ſich der ſenkrechten Stellung gegen die Reflexionsebene nähert.

Um dieſe Eigenthümlichkeiten durch den Verſuch zu zeigen, kann man ſich des in Fig. 41., 42., 43. und 44. abgebildeten Apparates bedienen. TT′ (Fig. 41.) iſt eine Röhre von Kupfer, die auf einem Fuße ſteht. DD′ iſt ein Diaphragma im Innern der Röhre. GG′ iſt ein Reflector von Glas und zwar von ſchwarzem Glaſe, um die Zurückwerfung an der zweiten Oberfläche zu vermeiden. Er kann feſt oder beweglich ſein, im erſten Falle muß er eine ſolche Stellung haben, daß die Axe der Röhre einen Winkel von 35° 25′ mit ihm macht. NN′ (Fig. 42.) iſt ein Ring, welcher mit ſanfter Reibung über das Ende der erwähnten Röhre geſchoben, und auf derſelben rechts und links gedreht werden kann. Dieſer Ring iſt an die Faſſung des

---

welche durch die verſchiedenen Werthe von V gegeben werden, **gewöhnliche Geſchwindigkeit** genannt. — Bewegt ſich dagegen der Strahl in dem Schnitte ſenkrecht auf die mittlere Linie PM, ſo iſt die Summe der Winkel A und A′ ſtets = 2 R. und $\sin.^2 \frac{1}{2} (A + A') = 1$, mithin $V'^2 = D'^2$ oder $V' = D'$.

Daher ſtellt D′ die Geſchwindigkeit des Strahles in dieſem Schnitte dar, und wir nennen alle diejenigen **ungewöhnliche Geſchwindigkeiten**, welche durch die Werthe von V′ gegeben ſind. — Wenn D′ größer als D iſt, ſo findet das Minimum der Geſchwindigkeit für $A' = A$ ſtatt, oder für $V = D$, und das Maximum, wenn $A' - A$ am größten iſt, welches in der Ebene der Axen der Fall iſt. — Das Minimum wird das Maximum und umgekehrt, wenn D größer als D′ iſt. Die Maximum und Minimum des ungewöhnlichen Strahles ergeben ſich auch für $V' = D'$, und mithin für den Fall, wo der Strahl in der Ebene der Axen liegt, aber ſie gehen gleichfalls in einander über, je nachdem D′ größer oder kleiner als D iſt. — Man kann noch die Bemerkung machen, daß in allen Fällen der Unterſchied der Quadrate der Geſchwindigkeiten ausgedrückt iſt durch die Formel

$$V'^2 - V^2 = (D'^2 - D^2) \sin. A' \sin. A$$

d. h. ſobald die beiden Strahlen, der gewöhnliche und der ungewöhnliche eine gemeinſchaftliche Richtung haben, ſind die Unterſchiede der Quadrate ihrer Geſchwindigkeiten proportional dem Producte der Sinus der Winkel, welche jeder von ihnen mit den beiden Axen macht

tinſchwarz, der Platinmohr. Daſſelbe erhält man nach Liebig rein, wenn reines Halb-Chlorplatin mit ſtarker Aetzkalilauge bis zur Auflöſung erhitzt, und der vom Feuer entfernten Auflöſung nach und nach Weingeiſt zugeſetzt wird. Unter ſtarkem Aufbrauſen und Entwicklung einer ätheriſchen Flüſſigkeit ſchlägt ſich ein ſammetſchwarzes ſchweres Pulver nieder, welches wiederholt mit Waſſer gekocht und ſo ausgewaſchen wird, dann aber in einer Schale, ohne mit Papier in Berührung zu kommen, getrocknet wird. Döbereiner bringt 4 Theile ſalzſaures Platinoxydkali mit einer faſt bis zum Sieden erhitzten Löſung von 3 Th. geſchmolzenen reinen Aetzkali's in 12 bis 18 Th. ſchwachen Branntweins in einem weitem Glasgefäße in Berührung und läßt das Ganze an einem warmen, von der Sonne beleuchteten Orte unter öfterem Umrühren 8 Tage oder ſo lange in Berührung, bis ſich aus dem ſchwarzen Niederſchlage keine Luftblaſen mehr entwickeln, und wäſcht den Platinmohr mit reinem Waſſer, auch etwas Eſſigſäure vollkommen aus. Nach einer anderen Methode erhitzt derſelbe 16 Th. ſalzſauren Platinoxyds mit einer wäſſerigen Löſung von 40 bis 48 Th. kryſtalliſirten kohlenſauren Natron und 3 bis 4 Th. Zucker in einem Glaskolben und kocht das Gemiſche unter Umſchwenken gegen 10 Minuten, wo Platinmohr gebildet iſt, den man auswäſcht. Auch durch Niederſchlagen einer verdünnten Platinauflöſung mit Zink erhält man ein ähnliches Pulver, das jedoch etwas abweichende Eigenſchaften zeigt. — Befeuchtet man dieſes pulverige Platin mit Alkohol oder bringt es mit Alkoholdämpfen bei Gegenwart atmoſphäriſcher Luft in Berührung, ſo erhitzt es ſich zuweilen bis zum Glühen, wobei der Weingeiſt in Eſſigſäure umgewandelt wird. Hierbei erhitzt ſich Aether oft bis zum Entflammen, und dabei wird das Pulver nicht verändert und behält dieſe Eigenſchaft beſtändig. Durch wiederholtes Glühen und Hämmern, oder wenn man es mit $\frac{1}{8}$ Arſenik zuſammenſchmilzt und dann an der Luft glüht, um den Arſenik zu vertreiben, und es hämmert, erhält man ſchmiedbares Platin. Das reine Platin iſt von ſtahlgrauer ins Silberweiße gehender Farbe, von geringerem Metallglanz als Silber, und ſteht in der Härte zwiſchen Kupfer und Eiſen. Es iſt nach Silber und Gold das dehnbarſte Metall, hat ein ſpecif. Gewicht = 21,5 bis 21,74 und iſt für ſich im heftigſten Eſſenfeuer unſchmelzbar, wird jedoch in der Weißglühhitze weich und läßt ſich ſchweißen. Im Knallgasgebläſe, im Focus ſtarker Brennſpiegel und durch eine ſtarke galvaniſche Säule läßt es ſich ſchmelzen. Es wird durch keine Säure, außer durch Königswaſſer (wegen ſeines Chlorgehalts) aufgelöſt. Man braucht daſſelbe namentlich zur Herſtellung von Gefäßen, die zu chemiſchen Zwecken gebraucht werden, zu Tiegeln, Schalen, auch zu Spateln Löffeln, Zangen, Pincetten, wozu es ſich ſeiner Eigenſchaften wegen vorzüglich qualificirt. Man braucht es ferner zum Auslegen und Verbohren der Zündlöcher an Jagdgewehren, als Blech zum Belegen der Zündpfannen, zu Spitzen der Blitzableiter u. ſ. w. Seit 1827 hat man in Rußland Münzen aus Platina in Umlauf gebracht. Man verfertigt Platinablech und Platinadraht, den letzteren bis zu einer Dünnheit, daß man ihn kaum mit unbewaffnetem Auge wahrnehmen

kann. Dieſen Draht benutzt man namentlich zur Herſtellung der Davyſchen Glühlämpchen. Wenn man nämlich Weingeiſt oder Aether verdunſten läßt, und in den aufſteigenden Dampf ein etwas erwärmtes Blättchen Platinblech oder einen ſchraubenförmig gewundenen feinen Platindraht hält, ſo bewirken dieſe eine fortdauernde Verbindung der aufſteigenden Dämpfe mit dem Sauerſtoffgas der atmoſphäriſchen Luft, erzeugen dadurch die Bildung einer eigenthümlichen, von der Art ihres Entſtehens Lampenſäure genannten gasförmigen Säure, und werden durch den fortdauernden langſamen Verbrennungsproceß im Zuſtande des Glühens erhalten. Man wickelt den feinen Platindraht um eine 1,5 Lin. dicke Glasröhre ſchraubenförmig und mit dichten Lagen über einander bis zur Höhe von 0,3 bis 0,5 Zoll, zieht das Gewinde herab, und ſtellt es auf den eben geſchnittenen Docht einer gewöhnlichen Weingaslampe. Wird dieſe angezündet und nach der Erhitzung des Löckchens durch die Flamme wieder ausgeblaſen, ſo zeigt ſich letzteres bald nachher rothglühend, faſt bis zum Weißglühen. Form und Größe der Lampe kommen hierbei nicht in Betrachtung; auch kann der Docht füglich entbehrt werden, wenn man nur das Löckchen ſo befeſtigt, daß es nicht zu ſehr abgekühlt, der Weingeiſtdampf demſelben dagegen ſtets zugeführt wird. Es genügt daher auch, ſtatt der Lampe jedes beliebige Gläschen anzuwenden, und ſtatt des Dochtes kann ſogar eine bloße Glasröhre dienen, an welcher man das Löckchen befeſtigt; doch bleibt die erſte Einrichtung die bequemſte und beſte. Man hat ferner verſucht, das glühende Löckchen mit einem kleinen gläſernen Schornſteine (Camine, Glascylinder), wie die Argandſchen Lampen, zu umgeben. Dieſe Lämpchen, welche ſehr bequem als Feuerzeug, auch als Nachtlampen ſcheinen, haben den Nachtheil, daß ſie ſehr viel dunſtförmige Lampenſäure erzeugen, welche man ſogleich durch den Geruch erkennt, und die Kopfſchmerzen erregt. Man hat noch kein bequemes Mittel gefunden, dieſem Uebelſtande abzuhelfen. — In Königswaſſer aufgelöſt und mit ſalzſaurem Ammoniak niedergeſchlagen, erhält man ein Platinpulver, Malerplatina, welches zum Verplatiniren des Steingutes und des Porzellans genommen wird. Döbereiner verplatinirt Glas u. ſ. w., indem er Chlorplatin wiederholt mit Alkohol in gelinder Wärme behandelt, bis eine braune Maſſe entſtanden iſt, welche in der Hitze leicht verkohlt, aber in vielem Weingeiſt auflöslich iſt. Die Geräthſchaften taucht man in die geiſtige Auflöſung, trocknet ſie an der Luft, indem man ſie immer ſo dreht, daß ſich die Maſſe gleichförmig auf der Fläche vertheilt, und erhitzt ſie nach dem Trocknen über der Weingeiſtflamme bis zum Glühen, wo das Glas u. ſ. w. mit einem ſchönen ſpiegelglänzenden Platinüberzug, der ſehr feſt anhängt, bedeckt iſt. — Aus der Luft zieht Platin bei keiner Temperatur Sauerſtoff an, ſo wie es auch durch keine Säure aufgelöſt wird. Nur durch wäſſriges Chlor und Königswaſſer erhält man ſchwierig ſalzſaures Platinoxyd. Das Platin oxydirt ſich ferner beim Schmelzen mit Alkalien oder Salpeter. Das Platinoxydul iſt ein kohlenſchwarzes, im waſſerleeren Zuſtande graugrünes Pulver; das Platinoxyd iſt als Hydrat ein hellbraunes Pulver, das durch Erhitzen dunkelbraun wird,

und bei noch ſtärkerem Erhitzen den Sauerſtoff fahren läßt. Mit Säuren bildet es braune Salze, aus welchen Phosphor und die meiſten Metalle reguliniſches Platin abſcheiden. Hydronthionſäure fällt die Löſungen ſchwarz, Salmiak und ſalzſaures Kali gelb. — Durch Auflöſen des Platins in Königswaſſer erhält man ſalzſaures Platinoxyd oder Platinchlorid. Die Auflöſung iſt eine dunkelbraune Flüſſigkeit von herbmetalliſchem Geſchmack, welche die Haut braun färbt und aus der beim Verdunſten braune Kryſtalle anſchießen. Beim Verdampfen zur Trockne bleibt eine rothbraune Maſſe zurück, einfach Chlorplatin, Platinchlorid. Wird es bis zum Schmelzen des Zinns erhitzt, ſo entweicht Chlor, und es bleibt halb Clorplatin, Platinchlorür, als eine olivengrüne Maſſe zurück, der man die letzten Antheile einfach Chlorplatin durch kochendes Waſſer entzieht. Durch noch ſtärkere Hitze wird auch dieſes zerlegt, Chlor entweicht und Platin bleibt. Auf trockenem Wege verbindet ſich Platin mit Schwefel, Phosphor und Arſenik, mit den beiden letzteren unter Feuererſcheinung. Der Platinſalmiak oder das ſalzſaure Platinoxyd-Ammoniak iſt ein gelbes kryſtalliniſches ſchwerlösliches Pulver. — Sechszehn Theile Kupfer, 1 Theil Zink und 7 Theile Platin geben ein Metallgemiſch, welches dem Golde ſehr ähnlich iſt.

Platte, elektriſche, elektriſches Quadrat iſt jede Platte oder Tafel aus einer iſolirenden Subſtanz (Glas, Siegellack, Harz) welche auf beiden Seiten mit einer leitenden Subſtanz (Zinnfolie) ſo belegt iſt, daß ringsum ein iſolirender Rand übrig bleibt, und daher eine Leidner Flaſche (ſ. d. Art.) in ebener Form. Die elektriſche Platte läßt ſich daher auch ganz wie die Leidner Flaſche laden und entladen. Zur Herſtellung belegt man Glasplatten mit Zinnfolie oder Goldblättchen, die 1 bis 2 Zoll vom Rande abſtehen, damit keine Selbſtentladung ſtattfindet. Um Platten aus harziger Subſtanz zu belegen, legt man erſt ein Stück Zinnfolie von paſſender Größe auf eine Marmorplatte, macht ringsum einen Rand von der Größe der zu gießenden Platte, gießt das geſchmolzene Harz in die Form, läßt die Platte ziemlich erſtarren glättet die obere Fläche mit einer Glasſcheibe, und legt endlich die obere Zinnfolie auf den noch nicht erkalteten Kuchen und drückt ſie gelind mit einem heißen Eiſen an. Um den Leidner Verſuch mit einer ſolchen Platte anzuſtellen, darf man nur die eine Seite der Tafel mit der Erde, die andere mit dem Conductor einer Elektriſirmaſchine verbinden, und wenn die Platte durch Drehung der Maſchine geladen iſt, eine leitende Verbindung der Belegung beider Seiten machen. Man kann z. B. das elektriſche Quadrat auf eine Metallplatte legen, die durch eine Kette mit dem Conductor der Elektriſirmaſchine verbunden, und auf einem Glasfuße iſolirt iſt. Legt man alsdann die Hand auf die obere Belegung des Quadrats, damit dieſelbe nicht mehr iſolirt ſei, und dreht die Maſchine, ſo wird die elektriſche Platte eine ſehr ſtarke Ladung annehmen. Wollte man alsdann mit der andern Hand einen Funken aus dem Conductor oder der Kette ziehen, ſo würde die Platte augenblicklich mit einem ſtarken Schlage durch den Körper entladen werden.

Man bedient ſich aber zur Entladung lieber eines Ausladers (ſ. d. Art.), den man mit dem einen Knopfe auf die Platte aufſetzt, mit dem andern aber dem Conductor oder der Kette nähert. Faßt man hingegen die Platte am unbelegten Rande und in gehöriger Entfernung von den Belegungen an, ſo kann man ſie ſicher abheben, und geladen von einem Orte zum andern bringen. Sie bleibt lange Zeit geladen, wenn keine leitende Verbindung beider Seiten gemacht wird. — Wie bei der Flaſche dienen die Belege der Platte nur dazu die Elektricität ſchnell und gleichmäßig über alle Theile der iſolirenden Platte zu verbreiten, und bei der Entladung zugleich allen Punkten auf einmal die Elektricität zu entziehen. Wäre die Glasfläche ohne Belegung, ſo würde beim Laden die Elektr. nur zunächſt derjenigen Glasſtelle zugeführt werden, mit welcher der Zuleitungsdraht in unmittelbarer Berührung iſt, und alle übrigen Stellen würden ſo gut wie ohne Ladung bleiben. Bei gehörigem Verfahren kann man indeß auch eine unbelegte Flaſche oder Platte laden. Man halte eine reine und trockene Glasplatte an einer ihrer Ecken, und fahre mit ihr über die am poſitiven oder negativen Conductor durch einen Meſſingdraht befeſtigte hervorſtehende Kugel, ſo daß jede Stelle des Glaſes nach und nach mit ihr in Berührung kommt, während man die Glasplatte auf der andern Seite mit dem Finger oder irgend einem andern mit dem Erdboden in Verbindung ſtehenden Leiter, der jedesmal an der Kugel anliegenden Stelle gegenüber, berührt. Die Glasplatte wird auf dieſe Art geladen, indeß zeigt ſie ihre volle Ladung durch eine Exploſion, wie andere belegte Glasplatten nur dann, wenn man vor Anbringung des Ausladers an ihre beiden Oberflächen Metallplatten anlegt, die auf einmal von allen Punkten der geladenen Glasfläche die Elektr. dem Auslader zuführen können, während bei Anbringung des Ausladers an die unbelegte Glasfläche die Entladung nur von jeder einzelnen Stelle aus, mit welcher der Auslader in Berührung kommt, mit einem kleinen Funken geſchieht, deßwegen aber auch nach der Reihe viele ſolcher Entladungen erfolgen können, wenn man mit dem Auslader über die Glasplatte hinfährt. Noch ſchneller kann man die Ladung einer ſolchen unbelegten Glastafel bewirken, wenn man die Zuleiter, welche ihren beiden Flächen die entgegengeſetzten Elektricitäten zuführen ſollen, zuſpitzt, und die Glastafel während der Elektriſirung zwiſchen ihnen hin und herführt.

Auch flüſſige Körper können als Zwiſchenlage ſtatt der Glasſcheibe gebraucht werden. Man nehme eine irdene Schüſſel mit flachem Boden, lege in dieſelbe ein Stück Zinnfolie, das ringsum 1 Zoll ſchmäler iſt als der Boden der Schüſſel, und ſtecke durch eine Oeffnung im Boden einen dünnen Draht ein, der bis an die Zinnfolie reicht. Dann gieße man den elektriſchen Körper, z. B. Oel, geſchmolzenen Talg u. dgl. auf, und laſſe eine meſſingene Platte, die mit der Zinnfolie einerlei Größe hat, von dem Conductor der Elektriſirmaſchine in die Schüſſel bis an die Oberfläche des flüſſigen Körpers herabhängen, ſo daß ſie gerade über die Zinnfolie kömmt, und mit derſelben parallel hängt. So läßt ſich der flüſſige Körper laden, und zu Verſuchen gebrauchen. Ja ſogar eine Luftſchicht kann an die Stelle

der iſolirenden Platte geſetzt werden. Die Ladung einer Luftſchicht wird dadurch bewirkt, daß man zwei mit Stanniol überzogene, recht ebene Breter einander gegenüber bringt, indem man das eine auf den Tiſch legt und das andere an ſeidene Fäden aufhängt, genau parallel über dem erſteren, durch eine Luftſchicht von einem Zoll davon getrennt, und dem letzteren durch die Maſchine Elektr. zuführt. Hier wird man bei der Berührung beider Flächen eine ſtarke Erſchütterung erhalten, zum Beweiſe einer wirklich ſtattfindenden Ladung, und zwar auch dann, wenn man während der Anſtellung des Verſuchs durch einen Blaſebalg die dazwiſchen befindliche Luft fortdauernd erneuert.

Polariſation des Lichtes. Unter den von Natur mit doppelter Brechung (ſ. d. Art.) begabten Körpern findet ein Unterſchied ſtatt, indem einige Eine, andere zwei Axen haben. Bei jedem Kryſtall mit doppelter Brechung gibt es nämlich eine oder zwei Richtungen, nach denen ein Lichtſtrahl ſich niemals theilt, ſondern unzerſpalten hindurchgeht. Dieſe Richtungen heißen die optiſchen Axen des Kryſtalles, oder kurz die Axen, und haben ſtets eine gewiſſe Symmetrie gegen die natürlichen Flächen der Kryſtallform. Die Kryſtalle, in deren Innern es nur Eine Richtung der Untheilbarkeit gibt, heißen Kryſtalle mit Einer Axe, wogegen die mit zwei Richtungen der Untheilbarkeit begabten Kryſtalle mit zwei Axen heißen. Es ſcheint keine regelmäßigen Kryſtalle mit mehr als zwei Axen zu geben. Bekanntlich ſpricht man auch in der Kryſtallographie (ſ. d. Art. Kryſtall) von Axen der Kryſtalle. Brewſter hat das allgemeine Geſetz aufgeſtellt, daß bei den Kryſtallen mit Einer Axe die Axe der doppelten Brechung oder die optiſche Axe ſtets mit der kryſtallographiſchen Axe zuſammenfällt. Bei den Kryſtallen mit Einer Axe heißt der Hauptſchnitt eine durch die Axe gelegte Ebene, welche ſenkrecht auf irgend einer natürlichen oder künſtlichen Fläche des Kryſtalles ſteht, wonach jeder Fläche des Kryſtalles ein eigener Hauptſchnitt entſpricht. Die Erfahrung hat nun gelehrt (ſ. d. Art. Brechung, doppelte), daß der ungewöhnlich gebrochene Strahl ſtets in der Einfallsebene bleibt, wie der gewöhnlich gebrochene Strahl, ſobald die Einfallsebene mit der Verlängerung des Hauptſchnittes zuſammenfällt. Ein Schnitt ſenkrecht auf die Axe iſt jede im Innern des Kryſtalls liegende Ebene, welche ſenkrecht auf der Axe deſſelben ſteht. Wann ein Lichtſtrahl einen ſolchen Schnitt zur Einfallsebene hat, ſo hat der gewöhnlich gebrochene und der ungewöhnlich gebrochene Strahl denſelben Schnitt auch zur Brechungsebene. In dieſer Ebene allein haben der Sinus des Einfallswinkels und der Sinus des Brechungswinkels (ſ. d. Art. Brechung, doppelte) des ungewöhnlich gebrochenen Strahles ein conſtantes Verhältniß für jede Neigung, in welcher der Strahl einfällt. Dieſes Verhältniß heißt der Brechungsexponent des ungewöhnlich gebrochenen Strahles. Biot fand zuerſt, daß der Brechungsexponent des ungewöhnlich gebrochenen Strahles bei einigen Kryſtallen kleiner, bei anderen größer als der Brechungsexponent des gewöhnlich gebrochenen Strahles iſt. Biot nannte

jene **abſtoßende**, dieſe **anziehende** Kryſtalle; nach **Brewſter** aber unterſcheidet man **negative** und **poſitive** Kryſtalle, je nachdem der Brechungsexponent des ungewöhnlich gebrochenen Strahles kleiner oder größer als der gewöhnliche Brechungsexponent iſt.

In folgender Tabelle ſind einaxige Kryſtalle zuſammengeſtellt, indem die Zeichen + und — ſie als poſitiv oder negativ bezeichnen.

Lage und Charakter der optiſchen Axen in mehreren Kryſtallen.*)

a) Einaxige Kryſtalle.

Name des Kryſtalles.	Beſchaffenheit der Axe.	Name des Kryſtalles.	Beſchaffenheit der Axe.
Apatit	—	Kalk, ſalzſaurer	—
Apophyllit: für rothes Licht	—	Kalk-Magneſia, kohlenſaure (Bitterſpath)	—
„ für blaues	+	Kalkſpath	—
Bergkryſtall	+	Magneſiahydrat	+
Beryll	—	Nickelkupfer, ſchwefelſaures	—
Blei, phosphorſaures	—	Rubellit	—
„ phosphorarſenikſaures	—	Rubin	—
Boracit	+	Saphir	—
Corund	—	Smaragd	—
Eis	+	Strontianhydrat	—
Eiſenoxyd	+	Strontian, ſalzſaurer	—
Glimmer von Kariat	—	Titanit	+
Idocras	—	Turmalin	—
Kali, arſenikſaures	—	Wernerit	—
„ unterſchwefelſaures	—	Zink, wolframſaures	+
Kalkeiſen, kohlenſaures (Braunſpath)	—	Zirkon	+
„ ſchwefelſaures	+		
Kalkkupfer, eſſigſaures	+		

*) Aus **Baumgartners Naturlehre**. Supplementband. Wien 1831.

Die Axen der zweiaxigen Kryſtalle laſſen ſich auf eine einfache Weiſe von der kryſtallographiſchen Axe nicht ableiten. Fresnel hat die Entdeckung gemacht, daß bei dieſen Kryſtallen ein gewöhnlich gebrochener Strahl überhaupt nicht vorkommt, d. h. daß die beiden Strahlen, welche durch die Theilung des einfallenden Strahles entſtehen, beide die allgemeinen Geſetze der einfachen Brechung nicht befolgen. Geſetzt PX und PX′ (Fig. 39.) ſeien die beiden Axen eines Kryſtalles, ſo iſt XPX′ der Winkel oder die Neigung dieſer Axen und die Linie PM, welche dieſen Winkel halbirt, iſt die mittlere Linie. Der ſenkrechte Schnitt auf die mittlere Linie, d. h. eine Ebene, welche auf PM ſenkrecht ſteht, iſt eine ſolche, für welche der eine der beiden Strahlen nach den allgemeinen Geſetzen der Brechung gebildet wird. Die Linie PS, welche ſenkrecht auf PM ſteht, heißt die Supplementenlinie, weil ſie den Supplementenwinkel X′PX des Axenwinkels halbirt (Ergänzungswinkel zu zwei Rechten). Für einen Schnitt ſenkrecht auf die Supplementenlinie wird der andere der beiden Strahlen nach den allgemeinen Brechungsgeſetzen gebildet. Mit Hilfe dieſer beiden Schnitte kann man die Brechungsexponenten der beiden Strahlen beſtimmen. In nachſtehender Tabelle ſind Körper mit zwei Axen nebſt den Winkeln, die dieſe Axen mit einander machen, zuſammengeſtellt.*)

b) Zweiaxige Körper.

Name des Körpers.		Beſchaffenheit der Hauptaxe nach Brewſter.	Neigung der Axen.
Ammoniak, benzoeſaures...............	Bw.	+	45° 8,
» »	Mx.	+	48 8
» kohlenſaures...............	Bw.	—	43 24
» ſchwefelſaures...............	Mx.	......	49 42
Ammoniak-Magneſia: ſchwefelſaure...	Bw.	+	51 22
Anhydrit............................	B.	......	44 41
»	Bw.	+	28 7
Apophyllit........................	Hers.	—	35 8

*) Dieſe weitere Erörterung der doppelten Brechung, welche zum Verſtändniſſe der Polariſation nöthig, ſo wie die Zuſammenſtellung der Polariſationserſcheinungen iſt nach Pouillet Elemens de Physique experimentale. Sec. Edit. Paris 1832.

Name des Körpers.		Beſchaffenheit der Hauptaxe nach Brewſter.	Neigung der Axen.
Aragonit f. d. Strahl (Fig. 40.) H	Rud.	—	20° 25′ 6″
» » » » G	Rud.	......	20 12 6
» » » » F	Rud.	......	20 0 50
» » » » E	Rud.	......	19 53 0
» » » » D	Rud.	......	19 37 8
» » » » C	Rud.	......	19 33 14
» » » » B	Rud.	......	19 44 40
» » »	Bw.	—	18 18
Baryt, kohlenſaurer..................		—	....
» ſchwefelſaurer................	Bw.	+	37 42
» unterſchwefelſaurer............	Mx.	......	ſehr groß
Barythydrat..............................	Bw.	—	13 18
Bernſteinſäure............................	Bw.	—	90 nahe
Blei, eſſigſaures........................	Bw.	—	70 25
» kohlenſaures................... ...	Bw.	—	5 15
» »	Mx.	—	3 0
» ſchwefelkohlenſaures...............		—	....
Borax, natürlicher (Tinkal).....	Bw.	+	38 48
» künſtlicher..........................	Bw.	+	28 42
Citronenſäure	Bw.	+	70 29
Comptonit.................................	Bw.	+	56 6
Cyanit......................................	Bw.	+	81 48
Cymophan..................................	Bw.	+	27 51
Dichroit....................................	Bw.	......	60 6
»	Mx.	......	62 80
Eiſen, ſchwefelſaures....................	Bw.	......	90 0 nahe
Epidot......................................	Bw.	—	84 19
»	Mx.	......	87 19
Feldſpath..................................	Bw.	—	63 0
Glauberit, fur violettes Licht..........	Bw.	—	90
Glimmer....................................	B.	......	30
» andere Varietäten...............	B.	—	31
» » »	B.	......	32
» » »	B.	......	34
» » »	B.	......	37
»	Bw.	—	14 0
»	Bw.	......	25 0
»	Bw.	—	6 0
» ruſſiſcher..........................	Mx.	......	40 41 55
Jolith......................................	Bw.	—	62 50
Kali, blauſaures..........................	Bw.	+	19 24
» »	Mx.	+	19 34
» chlorſaures......................	Bw.	......	82 0
» kohlenſaures.....................	Bw.	......	80 30

Name des Körpers.		Beſchaffenheit der Hauptaxe nach Brewſter.	Neigung der Axen.
Kali, ſalpeterſaures....................	Bw.	—	5° 20′
» »	Mx.	—	5 15
« ſchwefelſaures,..................	Bw.	+	67 0
» weinſteinſaures..................	Bw.	—	71 20
Kali-Natron, weinſteinſaures..........	Bw.	+	80 0
Kalk, ſchwefelſaurer, bei gewöhnlicher Temperatur...........	Mx.	—	60 0
» » bei 58°. 8........	Ml.	—	0 0
Kupfer, ſalzſaures......................		—	84 30
Lepidolith,..............................	Bw.	—	45 0
Magneſia, ſchwefelſaure...............	Bw.	—	37 24
Magneſia-Eiſen, ſalzſchwefelſaures.....	Bw.	—	51 16
Magneſia-Natron, ſchwefelſaures......	Bw.	......	46 49
Nickel, ſchwefelſaurer..................	Bw.	+	42 4
Peridot.................................	Bw.	......	87 56
Perlmutter............	Bw.	—	11 28
Silber, ſalpeterſaures..................	Bw.	+	62 16
Soda, kohlenſaure......................	Bw.	—	70 1
» phosphorſaure....................	Bw.	—	55 20
» unterſchwefelſaure................	Mx.	......	89 20
Spermacet..............................	Bw.	+	37 40
Stilbit...................................	Bw.	+	41 42
Strontian, kohlenſaurer...............	Bw.	—	6 56
» ſchwefelſaurer..............	Bw.	+	50 0
Talk......................................	Bw.	—	7 24
Topas, weißer..........................	B.	......	49 1 20″
» »	Bw.	......	49 50
» von Aberdeenſhire.....		+	65 0
» f. d. Strahl (Fig. 40.) H	Rud.	......	54 54 0
» » » » G	Rud.	......	55 34 24
» » » » F	Rud.	......	56 37 24
» » » » E	Rud.	......	56 40 30
» » » » D	Rud.	......	56 37 30
» » » » C	Rud.	......	56 3 0
» » » » B	Rud.	......	55 51 58
»	Bw.	+	65 0
Weinſteinſäure..........................	Bw.	—	79 0 nahe
Zink, ſalpeterſaures....................	Bw.	......	40 0
» ſchwefelſaures........	Bw.	—	44 28
Zucker........	Bw.	—	50 0

Wenn man von einem gegebenem Punkte in einem Kryſtalle aus ſich nach allen möglichen Richtungen gerade Linien gezogen denkt, ſo iſt klar, daß ein Lichtſtrahl durch dieſen Punkt ſo gehen kann, daß er nacheinander in jeder dieſer Richtungen liegt. In einem Kryſtall mit Einer Axe wird der gewöhnliche Strahl immer dieſelbe Geſchwindigkeit haben (nach der Undulationstheorie ſ. d. Art. Licht), welches auch die Richtung ſein mag, in der er durch jenen Punkt hindurch geht; während daß der ungewöhnlich gebrochene Strahl eine Anzahl verſchiedener Geſchwindigkeiten haben wird, welche innerhalb zweier beſtimmter Grenzen liegen. In einem Kryſtalle mit 2 Axen werden die Geſchwindigkeiten ſich mit den Richtungen ändern, ſowohl in Bezug auf den einen, wie auf den andern der beiden Strahlen, und dieſe Geſchwindigkeiten werden ſich nach verſchiedenen Geſetzen ändern. Huyghens hat eine geometriſche Conſtruction angegeben, mit deren Hilfe man zugleich alle Geſchwindigkeiten des ungewöhnlich gebrochenen Strahles und alle entſprechende Lagen deſſelben gegen den gewöhnlich gebrochenen Strahl findet; aber dieſe Conſtruction läßt ſich nur auf die Kryſtalle mit Einer Axe anwenden. Fresnel entdeckte zuerſt die Urſache der Polariſation, der doppelten Brechung und das allgemeine Geſetz dieſer Phänomene in allen Kryſtallen.*)

---

*) Die Geſchwindigkeiten der beiden Strahlen, welche durch doppelte Brechung entſtehen, ſind (nach Fresnel) folgende:

$$V^2 = D^2 + (D'^2 - D^2) \sin.^2 \tfrac{1}{2} (A' - A)$$
$$V'^2 = D^2 + (D'^2 - D^2) \sin.^2 \tfrac{1}{2} (A'^2 + A)$$

In dieſen Formeln bezeichnet V die gewöhnliche Geſchwindigkeit; V′ die ungewöhnliche Geſchwindigkeit; A den Winkel des Strahles mit der erſten Axe; A′ den Winkel des Strahles mit der zweiten Axe; D bei den Kryſtallen mit Einer Axe die gewöhnliche Geſchwindigkeit, bei den Kryſtallen mit 2 Axen die conſtante Geſchwindigkeit (entſprechend dem conſtanten Brechungsexponenten) in dem Schnitt ſenkrecht auf die Supplementenlinie; D′ bei den Kryſtallen mit Einer Axe die ungewöhnliche Geſchwindigkeit, bei den Kryſtallen mit 2 Axen die conſtante Geſchwindigkeit in dem Schnitte ſenkrecht auf die mittlere Linie. Zum beſſeren Verſtändniſſe der Formeln dient folgende Betrachtung einzelner Fälle.

1) Kryſtalle mit Einer Axe. Wenn die beiden Axen zu Einer ſich vereinigen, ſo reduciren ſich die Winkel A und A′ gleichſam auf Eine Größe; d. h. A = A′. Somit hat man für die Kryſtalle mit Einer Axe einfach

$$V^2 = D^2$$
$$V'^2 = D^2 + (D'^2 - D^2) \sin.^2 A.$$

Die erſte Gleichung drückt aus, daß die gewöhnliche Geſchwindigkeit V in allen Richtungen conſtant und ſtets = D iſt. — Die zweite Gleichung zeigt an, daß die ungewöhnliche Geſchwindigkeit V′ von dem Winkel A abhängt, welchen der ungewöhnliche Strahl mit der Axe macht. — Wenn dieſer Strahl in dem Schnitte ſenkrecht auf die Axe ſich befindet, ſo hat man A = 90° und $\sin.^2 A = 1$, woraus folgt V′ = D′, welches zeigt,

Wenn ein Lichtbüdel von einer Glasplatte zurückgeworfen wird, indem es mit der Oberfläche einen Winkel von 35° 25′ macht, ſo ſagt man, daß es polariſirt ſei, weil es ſodann beſondere Eigenthümlichkeiten zeigt, welche man beim natürlichen Lichte niemals bemerkt. Von dieſen Eigenthümlichkeiten ſind namentlich folgende drei charakteriſtiſch.

1) Wenn es durch ein doppelt brechendes Prisma geht, ſo gibt es nur Ein Bild, ſobald der Hauptſchnitt dieſes Prismas parallel

---

daß in dieſem Schnitte die ungewöhnliche Geſchwindigkeit (daher der Brechungsexponent ſ. oben) conſtant iſt. — Dieſe beiden Werthe von D und D′ ſind die beiden Grenzen der ungewöhnlichen Geſchwindigkeit; der eine iſt ihr Maximum, der andere ihr Minimum. — Wenn der Strahl parallel der Axe ſich bewegt, ſo hat man $A = 0$ und $\sin.^2 A = 0$, woraus folgt, daß $V' = D$. Alſo iſt in dieſer Richtung, und allein in dieſer die ungewöhnliche Geſchwindigkeit gleich der gewöhnlichen. (Welches eben ſo viel iſt, als in dieſer Richtung findet eine Spaltung des Strahles überhaupt nicht ſtatt.)

Nach der hier zu Grunde liegenden Undulationshypotheſe iſt der Brechungsexponent nichts anderes, als das directe Verhältniß der Geſchwindigkeiten, und wenn wir die Geſchwindigkeit des Lichtes im leeren Raume = 1 nennen, ſo wird $\frac{1}{D'}$ der Brechungsexponent des ungewöhnlichen Strahles in dem Schnitte ſenkrecht auf die Axe ſein, während $\frac{1}{D}$ der Brechungsexponent des gewöhnlichen Strahles iſt. Der Charakter der negativen Kryſtalle wird daher ſein $\frac{1}{D'} < \frac{1}{D}$ oder $D' > D$ und der Charakter der poſitiven $\frac{1}{D'} > \frac{1}{D}$ oder $D' < D$. Im erſten Falle iſt $D'^2 - D^2$, der Coefficient von $\sin.^2 A$, poſitiv und das Maximum von V' entſpricht dem Falle, wo man hat $\sin.^2 A = 1$ oder $A = 90°$, während das Minimum entſpricht dem Falle wo $\sin. A = 0$ oder $A = 0$ iſt. Im zweiten Falle iſt im Gegentheile $D'^2 - D^2$ negativ und dem Minimum von V' entſpricht der Fall $A = 90°$ und das Maximum dem Fall $A = 0$. Der ungewöhnliche Strahl erlangt alſo ſtets ſeine größte und ſeine geringſte Geſchwindigkeit dann, wenn er ſich in der Richtung der Axe und in ſenkrechtem Schnitte auf der Axe fortpflanzt. Aber bei den negativen Kryſtallen findet das Maximum ſtatt im Schnitte ſenkrecht auf die Axe, das Minimum in der Richtung der Axe, und das entgegengeſetzte iſt der Fall bei den poſitiven Kryſtallen.

2) Kryſtalle mit 2 Axen. Wenn der Strahl in dem Schnitte ſenkrecht auf die Supplementenlinie PS (Fig. 39.) iſt, ſo macht er offenbar ſtets gleiche Winkel mit jeder der Axen PX und PX′, alſo daß $A = A'$, $\sin.^2 \frac{1}{2}(A' - A) = 0$ iſt, und V^2 ſich reducirt auf $V^2 = D^2$ oder $V = D$. So iſt alſo D in dieſem Falle der Ausdruck der Geſchwindigkeit, und in dieſer Beziehung werden alle diejenigen Geſchwindigkeiten,

oder ſenkrecht iſt gegen die Reflexionsebene, während es zwei Bilder von größerer oder geringerer Intenſität in jeder anderen Stellung gibt.

2) Es erleidet keine Zurückwerfung, wenn es auf eine zweite Glasplatte unter demſelben Winkel von 35° 25′ fällt, ſobald die Einfallsebene auf dieſe zweite Platte ſenkrecht iſt gegen die Einfallsebene auf die erſte, während es in anderen Ebenen und bei anderen Einfallswinkeln theilweiſe zurückgeworfen wird.

3) Es iſt unfähig ſenkrecht durch eine Turmalinplatte hindurchzugehen, deren Axe parallel der Reflexionsebene iſt, während es mit ſteigender Intenſität hindurchgeht, je mehr die Axe des Turmalin ſich der ſenkrechten Stellung gegen die Reflexionsebene nähert.

Um dieſe Eigenthümlichkeiten durch den Verſuch zu zeigen, kann man ſich des in Fig. 41., 42., 43. und 44. abgebildeten Apparates bedienen. TT′ (Fig. 41.) iſt eine Röhre von Kupfer, die auf einem Fuße ſteht. DD′ iſt ein Diaphragma im Innern der Röhre. GG′ iſt ein Reflector von Glas und zwar von ſchwarzem Glaſe, um die Zurückwerfung an der zweiten Oberfläche zu vermeiden. Er kann feſt oder beweglich ſein, im erſten Falle muß er eine ſolche Stellung haben, daß die Axe der Röhre einen Winkel von 35° 25′ mit ihm macht. NN′ (Fig. 42.) iſt ein Ring, welcher mit ſanfter Reibung über das Ende der erwähnten Röhre geſchoben, und auf derſelben rechts und links gedreht werden kann. Dieſer Ring iſt an die Faſſung des

---

welche durch die verſchiedenen Werthe von V gegeben werden, gewöhnliche Geſchwindigkeit genannt. — Bewegt ſich dagegen der Strahl in dem Schnitte ſenkrecht auf die mittlere Linie PM, ſo iſt die Summe der Winkel A und A′ ſtets = 2 R. und $\sin.^2 \frac{1}{2} (A + A') = 1$, mithin $V'^2 = D'^2$ oder $V' = D'$.

Daher ſtellt D′ die Geſchwindigkeit des Strahles in dieſem Schnitte dar, und wir nennen alle diejenigen ungewöhnliche Geſchwindigkeiten, welche durch die Werthe von V′ gegeben ſind. — Wenn D′ größer als D iſt, ſo findet das Minimum der Geſchwindigkeit für $A' = A$ ſtatt, oder für $V = D$, und das Maximum, wenn $A' - A$ am größten iſt, welches in der Ebene der Axen der Fall iſt. — Das Minimum wird das Maximum und umgekehrt, wenn D größer als D′ iſt. Die Maximum und Minimum des ungewöhnlichen Strahles ergeben ſich auch für $V' = D'$, und mithin für den Fall, wo der Strahl in der Ebene der Axen liegt, aber ſie gehen gleichfalls in einander über, je nachdem D′ größer oder kleiner als D iſt. — Man kann noch die Bemerkung machen, daß in allen Fällen der Unterſchied der Quadrate der Geſchwindigkeiten ausgedrückt iſt durch die Formel

$$V'^2 - V^2 = (D'^2 - D^2) \sin. A' \sin. A$$

d. h. ſobald die beiden Strahlen, der gewöhnliche und der ungewöhnliche eine gemeinſchaftliche Richtung haben, ſind die Unterſchiede der Quadrate ihrer Geſchwindigkeiten proportional dem Producte der Sinus der Winkel, welche jeder von ihnen mit den beiden Axen macht

Prisma PP′ befeſtigt. PP′ iſt ein achromatiſches Prisma mit doppelter Brechung. Es beſteht aus einem Prisma von Kalkſpath oder Bergkryſtall und einem Prisma von Glas, welches zur Achromatiſirung dient. NN′ (Fig. 43.) iſt ein dem vorigen ähnlicher Ring; er trägt zwei Querſtücke R und R′, die an ihren Enden Zapfen A und A′ haben, um welche das Spiegelglas FF′ beweglich iſt. NN′ (Fig. 44.) iſt noch ein dem vorigen ähnlicher Ring, der die Faſſung einer Glasplatte VV′ mit parallelen Seitenflächen trägt, und auf dieſer Platte iſt die Turmalinplatte MM′ befeſtigt, deren beide Flächen der Axe parallel ſind. Wenn die Röhre TT′ (Fig. 41.) paſſend geſtellt iſt, ſo daß das Licht des Himmels oder das weiße Licht der Wolken auf den Reflector GG′ fällt, ſo iſt klar, daß der längs der Axe der Röhre zurückgeworfene Strahl mit der reflectirenden Fläche einen Winkel von 35° 25′ macht. Um dieſes Lichtbündel zu beobachten, bringt man den Ring NN′ (Fig. 42.) auf das Ende der Röhre, und betrachtet durch das achromatiſche Prisma PP′ das Bild des Diaphragma DD′. Dieſes Bild wird anfangs noch doppelt erſcheinen können, wenn das Licht, welches es hervorbringt, nicht zurückgeworfen und nicht polariſirt wäre. Wenn man aber den Ring NN′ dreht, und mit dem Ringe das Prisma, ſo wird man rechtwinklich gegen einander ſtehende Stellungen finden, für welche das Bild des Diaphragmas aufhören wird doppelt zu erſcheinen, und es wird leicht ſein, zu bemerken, daß dieſe Erſcheinung dann eintritt, wenn der Hauptſchnitt des Prisma parallel und wenn er ſenkrecht gegen die Reflectionsebene iſt. Um dieſe Stellungen mit größerer Genauigkeit zu beſtimmen, iſt das Ende SS′ der Röhre auf dem Umfange in 360 Grade getheilt, und jeder der Ringe, welche auf die Röhre aufgepaßt werden, trägt ein Merkzeichen, mit Hilfe deſſen man die Winkel meſſen kann. Um die zweite Eigenthümlichkeit des polariſirten Lichtes zu beobachten, bringt man an die Stelle des Ringes Fig. 42. den Ring Fig. 43. Dann gibt man dem Reflector FF′, welchen er trägt, eine ſolche Neigung, daß das reflectirte Lichtbündel ihn trifft, indem er mit ſeiner Oberfläche einen Winkel von 35° 25′ macht, und bringt das Auge in eine paſſende Stellung, um das Bild des Diaphragma DD′ zurückgeworfen auf FF′ zu erblicken. Hierauf dreht man den Ring NN′ langſam, um die Neigung des Spiegelglaſes zu verändern, und man wird bald eine Stellung finden, in welcher das zurückgeworfene Bild vollkommen ausgelöſcht iſt; indem man an der dem Merkzeichen entſprechenden Gradtheilung ablieſt, wird man leicht beſtätigt finden, daß die Reflexionsebene ſenkrecht auf der erſten Ebene iſt. Um endlich noch die dritte Eigenthümlichkeit zu zeigen, muß man die Turmalinplatte (Fig. 44.) an das Ende der Röhre TT′ bringen. Man beobachtet wieder das Bild des Diaphragma DD′, und indem man den Ring in dem einen oder in dem anderen Sinne dreht, ſieht man dieſes Bild nach und nach ſchwächer werden, bis es endlich ganz verſchwindet. In dieſen Augenblicken iſt die Axe des Turmalin parallel der Reflexionsebene auf dem erſten Reflector GG′. Die Erſcheinungen, welche ſich durch Reflexion auf dem Glaſe entwickeln, entwickeln ſich nach gewiſſen Geſetzen auf

allen zurückwerfenden Oberflächen. Von den drei angegebenen charakteriſtiſchen Eigenthümlichkeiten der polariſirten Lichtſtrahlen zieht eine jede die beiden anderen nach ſich; daher braucht man an einem Lichtſtrahl nur die eine derſelben wirklich betrachtet zu haben, um davon überzeugt zu ſein, daß er polariſirt iſt. Man iſt übereingekommen, die Ebene, nach welcher das Licht zurückgeworfen iſt, welches durch Reflexion polariſirt worden, die Polariſationsebene zu nennen. Da es jedoch der Fall ſein kann, daß man einen polariſirten Strahl zu beobachten hat, deſſen Urſprung man nicht kennt, ſo wird es nothwendig ſein, noch ein zweites Merkmal anzugeben, an welchem die Polariſationsebene zu erkennen iſt. Hierzu iſt die Turmalinplatte ſehr geeignet. Wenn ein Lichtſtrahl beim Hindurchgehen durch den Turmalin verliſcht, ſo iſt die Polariſationsebene parallel der Axe der Platte; wenn im Gegentheil ein Strahl beim Durchgehen durch den Turmalin ſein Maximum der Intenſität hat, ſo iſt ſeine Polariſationsebene ſenkrecht auf der Axe der Platte.

Wie mit dem Lichte der Wolken, ſo können die angeführten Verſuche auch mit jedem anderen künſtlichen oder natürlichen Lichte angeſtellt werden; man kann unter gewiſſen Bedingungen ſogar Experimente anſtellen, welche von mehreren Beobachtern zugleich wahrgenommen werden können. Zu dieſem Zwecke paßt man an die Röhre TT′ (Fig. 41.) ein Rohr mit Charnier, welches ein mattgeſchliffenes Glas trägt, das paſſend gerichtet werden kann, um die durchgelaſſenen Bilder aufzunehmen, ſie mögen nun durch das Prisma kommen, oder durch das zweite Spiegelglas, oder durch die Turmalinplatte; nur wenn die Bilder einen ſehr lebhaften Glanz haben, verſchwinden ſie niemals auf eine ſo vollſtändige Weiſe.

Die Polariſation wurde zuerſt von Malus im Jahre 1810 entdeckt. Da man damals in der Optik nur von Licht-Molecules ſprach, ſo wurden die angegebenen Erſcheinungen, welche bei der Zurückwerfung des Lichtes unter einem gewiſſen Winkel ſtattfinden, ſo erklärt, daß man annahm, alle jene Molecules würden auf dieſelbe Weiſe gedreht, und daß ſie folglich Drehungsaxen haben müßten und Pole, um welche ihre Bewegungen unter gewiſſen Einflüſſen geſchehen könnten. So entſtand das Wort Polariſation, welches anzeigte, daß die Pole bei allen Molecules auf dieſelbe Weiſe gerichtet oder angeordnet wären.

Das natürliche Licht wird polariſirt, wenn es unter gewiſſen Bedingungen durch eine Reihe von Glasplatten mit parallelen Flächen hindurchgeht, und ſeine Polariſationsebene iſt dann ſenkrecht auf die Einfallsebene. Um dieß nachzuweiſen, ordnet man vier oder fünf Platten Spiegelglas (Fig. 45.) parallel neben einander, und befeſtigt ſie an das Ende einer kupfernen Röhre, ähnlich der in Fig. 41. Die Säule Glastafeln vertritt die Stelle des Reflectors GG′, und wenn man den durch dieſen Apparat hindurch geſendeten Lichtſtrahl unterſucht, indem man ihn durch eines der drei oben angezeigten Mittel beobachtet, ſo kann man leicht erkennen, daß er polariſirt iſt, ſobald er in die Glasſcheiben ſo eindringt, daß er mit ihren Oberflächen einen Winkel von

35° 25′ macht; und da er ſein Maximum an Intenſität dann hat, wenn die Axe des Turmalin parallel iſt der Einfallsebene, ſo ſchließt man daraus, daß die Polariſationsebene ſenkrecht auf jene Ebene iſt. Wenn das Licht ſehr lebhaft iſt, ſo iſt es nicht vollſtändig polariſirt, und man muß dann eine größere Anzahl von Glasplatten anwenden. Die anderen durchſcheinenden und nicht kryſtalliſirten Körper bieten analoge Erſcheinungen dar, aber um das Maximum der Polariſation zu erhalten, muß je nach der Natur der Subſtanzen der Einfall verſchieden ſtattfinden.

Die beiden Lichtbündel, welche das natürliche Licht giebt, wenn es durch den Hauptſchnitt eines Kryſtalles geht, ſind beide polariſirt, der erſte in der Einfallsebene, der zweite ſenkrecht auf dieſe Ebene. Man kann den Verſuch mit einem Kalkſpathrhomboid anſtellen, oder mit einem doppeltbrechenden Prisma, welches man an das Ende einer Röhre befeſtigt, die der in Fig. 41. ähnlich iſt. RR′ (Fig. 46.) ſtellt das Rhomboid vor, und DD′ ein Diaphragma mit ſehr kleiner Oeffnung. Beobachtet man mit bloßem Auge durch das andere Ende der Röhre, ſo erblickt man zwei Bilder der Oeffnung des Diaphragma; aber wenn man durch die Turmalinplatte nach und nach jedes dieſer Bilder beobachtet, ſo erkennt man leicht, daß das gewöhnliche Bild (das, welches in der Axe liegt und nicht abgelenkt iſt) ſein Maximum der Intenſität dann erreicht, wann die Axe des Tumalin ſenkrecht auf den Hautſchnitt des Rhomboids iſt, und daß es dagegen verliſcht, wenn die Axe des Turmalin in der Ebene des Hauptſchnittes ſelbſt liegt. Das ungewöhnliche Bild (das, welches außerhalb der Axe iſt und abweicht) bietet genau die entgegengeſetzten Erſcheinungen dar. Hieraus ergibt ſich natürlich ein ſicheres Mittel, das gewöhnliche und ungewöhnliche Bild zu unterſcheiden. — Sobald irgend eine Oberfläche durch ein lebhaftes Licht erleuchtet iſt, ſo ſind die unregelmäßig reflectirten Strahlen, welche die Oberfläche nach allen Richtungen entſendet, theilweiſe polariſirt, in einer Ebene ſenkrecht auf die Ausſtrahlungsebene. Um ſich hiervon zu überzeugen, braucht man nur in ein finſteres Zimmer ein Büſchel Sonnenlicht auf eine mehr oder weniger gut polirte Oberfläche fallen zu laſſen, und dieſe Oberfläche mit einer Turmalinplatte zu betrachten, die man in ihrer Ebene dreht, um die Axe bald parallel bald ſenkrecht auf die Ausſtrahlungsebene der Strahlen zu machen. Im erſten Falle wird der Glanz der Oberfläche bedeutend lebhafter ſein, als im zweiten, welches beweiſt, daß das Licht polariſirt iſt, aber nur zum Theil polariſirt iſt.

Es wurde vorhin geſagt, daß das Glas das Licht vollkommen polariſirt, wenn dieſes von jenem unter einem Winkel von ungefähr 35° gegen die Oberfläche, oder von 55° mit dem Einfallslothe zurückgeworfen wird; dieſer Winkel heißt der *Polariſationswinkel*. Es gibt reflectirende Subſtanzen, welche bei keinem Einfallswinkel das Licht vollſtändig polariſiren; dann heißt der Polariſationswinkel derjenige, welcher die größte Quantität polariſirten Lichtes gibt. *Arago* wendet folgende Art an, um den Polariſationswinkel für jede Subſtanz zu beſtimmen. Ungefähr in der Mitte eines ziemlich weiten Zimmers wählt man in geeig-

neter Höhe einen Punkt, wo horizontal ein Repetitionskreis oder ein anderes Inſtrument zum Winkelmeſſen aufgeſtellt wird. Um von einem beſtimmten Punkte als Nullpunkt auszugehen, zeichnet man auf die Wände Eintheilungen, welche den verſchiedenen Graden des Kreiſes und ihren Bruchtheilen entſprechen. Hierauf nimmt man den Repetitionskreis weg und befeſtigt genau in dem Punkte, in welchem ſich der Mittelpunkt deſſelben befand, einen kleinen Träger, welcher beſtimmt iſt, die verſchiedenen Subſtanzen aufzunehmen, welche man in Unterſuchung ziehen will. Geſetzt wir hätten es mit einem Topas zu thun. Ein angezündetes Wachslicht iſt ganz in die Nähe einer der Eintheilungen der Wand geſtellt, z. B. bei dem Theilſtriche 0, und man beobachtet die Flamme durch Zurückwerfung auf der Oberfläche des Topaſes. Zuerſt muß dieſe Oberfläche vertical geſtellt werden, weßwegen man ſie ſo lange auf dem weichen Wachſe, welches den Topas trägt, verſtellt, bis das zurückgeworfene Bild genau in gleicher Höhe mit der Flamme iſt. Hierauf dreht man den kleinen Träger ſelbſt um ſeine verticale Axe. Mit dem Auge verfolgt man das zurückgeworfene Bild, indem man es mit einer Turmalinplatte oder mit einem doppeltbrechenden Prisma beobachtet, und man erkennt leicht die Lage der vollkommenen Polariſation oder der Polariſation im Maximum. In dieſem Punkte macht man Halt; man beobachtet den Theilſtrich der Wand, auf welchen die Verlängerung des reflectirten Strahles trifft, und die halbe Winkelentfernung zwiſchen dieſem Theilſtriche und dem der Flamme gibt den Winkel des einfallenden Strahles mit der Oberfläche; das Complement dieſes Winkels iſt der Polariſationswinkel vom Einfallslothe gerechnet.

Auf dieſe oder eine ähnliche Weiſe wurden folgende Reſultate erhalten. Neben der Columne, welche die beobachteten Winkel enthält, ſteht eine andere der berechneten Winkel, welche Berechnung nach dem Geſetze geſchieht, auf welchem die Polariſation beruht.

Namen der Subſtanzen.	Winkel der Polariſation im Maximum		Differenzen.
	beobachtet	berechnet	
Luft	45°	45° 0′ 32″	
Waſſer	52 45′	53 11	— 0° 26′
Flußſpath	54 50	55 9	— 0 19
Obſidian	56 3	56 6	— 0 3
Schwefelſ. Kalk	56 28	56 45	— 0 17
Bergkryſtall	57 22	56 58	+ 0 24
Opalglas	58 1	58 33	— 0 32
Topas	58 40	58 34	+ 0 6
Perle	58 47	58 50	— 0 3
Kalkſpath	58 23	58 51	— 0 28
Orangef. Glas	59 12	59 28	— 0 16

Namen der Subſtanzen	Winkel der Polariſirung im Maximum		Differenzen.
	beobachtet	berechnet	
Rubin Spinell........	60° 16′	60° 25′	− 0 9′
Zirkon..................	63 8	63 0	+ 0 8
Antimonglas...........	64 45	64 30	+ 0 15
Natürl. Schwefel.....	64 10	63 45	+ 0 25
Diamant.................	68 2	68 1	+ 0 1
Chromſaures Blei.....	67 42	68 3	− 0 21

Brewſter, der eine große Anzahl von Beobachtungen mit einander verglich, hat das einfache Geſetz entdeckt, daß: die Tangente des Polariſationswinkels gleich dem Brechungsexponenten iſt, welches durch die Formel tang. P = N, ausgedrückt iſt, indem P den Polariſationswinkel, N den Brechungsexponenten bezeichnet. Nach dieſer Formel ſind die Winkel in vorſtehender Tabelle berechnet, umgekehrt kann man auch aus dem beobachteten Polariſationswinkel einer Subſtanz den Brechungsexponenten derſelben berechnen. Da die doppelt brechenden Subſtanzen Brechungsexponenten haben, welche ſich mit der Größe der Einfallswinkel und mit der Einfallsebene verändern, ſo iſt voraus zu ſehen, daß die Polariſationswinkel hier einige beſondere Erſcheinungen darbieten werden. Da die Brechungsexponenten verſchiedene Werthe für die verſchiedenen Farben haben, ſo werden die Strahlen des Farbenbildes unter verſchiedenen Winkeln polariſirt werden. Man kann dieß durch den Verſuch nachweiſen, indem man, um das polariſirte Lichtbündel zu empfangen, eine zweite Platte aufſtellt, welche es vollkommen abſorbirt oder vollkommen durchläßt. Man wird in dem finſtern Zimmer leicht ſehen, daß es ſtets ein ſchwaches durch die zweite Platte zurückgeworfenes Licht gibt, und daß ſie gefärbt erſcheint, bald roth, bald blau, je nachdem die Einfallswinkel für die Polariſation des blauen oder des rothen Lichtes eingerichtet ſind. — Das vorerwähnte Geſetz kann auch noch eine andere Form erhalten. Man kann ſagen, daß der Polariſationswinkel derjenige iſt, für welchen der zurückgeworfene Strahl ſenkrecht auf den gebrochenen Strahl iſt. Bezeichnet nämlich P ſtets den Winkel der vollkommenen Polariſation, R den entſprechenden Brechungswinkel, N den Brechungsexponenten, ſo haben wir die zwei Gleichungen tang. P = N und sin. P = N sin. R. Die erſte gibt sin. P = N cos. P, alſo cos. P = sin. R, folglich ſind die Winkel P und R, der eine das Complement des anderen, d. h. P + R = 90°. Da nun P + R der Ergänzungswinkel (zu 180°) des Winkels iſt, den der reflectirte Strahl mit dem gebrochenen macht, ſo muß endlich dieſer Winkel auch ein Rechter ſein. — Das Licht wird nicht nur auf der erſten Oberfläche der Körper polariſirt, ſondern auch im Innern ihrer Maſſe, durch die Reflection die es auf ihrer zweiten Oberfläche (der Hinterfläche) erleidet. Dieſer Polariſationswinkel iſt durch daſſelbe Geſetz beſtimmt; nur

daß, da der Brechungsexponent dann $\frac{1}{N}$ iſt, die Tangente des Polariſationswinkels auch $= \frac{1}{N}$ ſein muß. Nehmen wir hiernach eine Platte mit parallelen Flächen an, auf welche ein Lichtbündel falle, mit dem Polariſationswinkel P. Der durchgelaſſene Theil wird auf der zweiten Oberfläche unter einem Winkel R zurückgeworfen, und man hat die beiden Gleichungen $\sin. P = N \sin. R$ und $\sin. P = \cos. R$, woraus folgt, daß $\tang. R = \frac{1}{N}$. Das Licht alſo, welches auf der erſten Fläche einer Platte mit parallelen Seiten polariſirt wird, gibt einen gebrochenen Lichtbüſchel, welcher darauf nach der zweiten Fläche hingeht, und vollſtändig polariſirt wird.

Es wurde oben geſagt, daß eine weſentliche Eigenthümlichkeit des polariſirten Lichtes ſei, daß es keine Reflexion erleidet, wenn es auf eine zurückwerfende Fläche fällt, unter der zweifachen Vorausſetzung, daß die Einfallsebene ſenkrecht auf die Polariſationsebene, und daß der Einfallswinkel gleich dem Polariſationswinkel ſei. Bezeichnet man mit T die Intenſität des zurückgeworfenen Lichtes, ſo hat man in dieſem Falle $T = 0$. Aber da der Einfallswinkel derſelbe bleibt, wenn man die reflectirende Oberfläche ſo dreht, daß die Einfallsebene ſich nach und nach der Polariſationsebene nähert, ſo wird die Intenſität des Lichtes ununterbrochen zunehmen, und ihr Maximum erreichen, ſobald jene beiden Ebenen zuſammenfallen, ſo daß ihr Winkel auf 0 reducirt iſt. Bezeichnet man dieß Maximum durch M, ſo hat man für dieſe äußerſte Stellung $T = M$. Bei der Unmöglichkeit durch den Verſuch das Geſetz dieſer Zunahme der Intenſität zu beſtimmen, hat es Malus durch die Formel

$$T = M \cos.^2 A$$

auszudrücken geſucht, worin T und M die angegebenen Bedeutungen haben und A den veränderlichen Winkel bezeichnet, welchen die Einfallsebene mit der Polariſationsebene macht. Dieſer Winkel liegt ſtets zwiſchen 0° und 180°. Die Verſuche haben die Richtigkeit dieſer Formel beſtätigt. Für $A = 0^\circ$ findet man: $T = M$; für $A = 45^\circ$ hat man: $T = \frac{M}{2}$ und für $A = 90^\circ$ ergibt ſich: $T = 0^\circ$. Dieſes von Malus aufgeſtellte Geſetz führt zu der Folgerung: daß ein natürliches Lichtbündel betrachtet werden kann als zuſammengeſetzt aus zwei Lichtbündeln von gleicher Intenſität und im rechten Winkel polariſirt, indem folglich das eine ſeine Polariſationsebene rechts, das andere links von der Einfallsebene hat. Wenn nämlich die Polariſationsebene des erſten dieſer Bündel einen Winkel A mit der Einfallsebene macht, ſo wird die Polariſationsebene des zweiten einen Winkel von $90^\circ - A$ machen. Die Intenſität des zurückgeworfenen Lichtes im erſten wird ſein $M \cos.^2 A$; im zweiten $M \cos.^2 (90^\circ - A)$ oder $M \sin.^2 A$; alſo die Summe beider Intenſitäten folglich $M (\cos.^2 A + \sin.^2 A)$; d. h. ſie wird dieſelbe bleiben und

ſtets unabhängig von A ſein oder von den verſchiedenen Richtungen der Einfallsebene gegen den Strahl; welches in der That das Weſen des natürlichen oder nicht polariſirten Lichtes iſt. — Wann ein polariſirtes Lichtbündel ſich darbietet, um durch eine Turmalinplatte zu gehen, ſo wiſſen wir, daß in einer gewiſſen Stellung der Platte, das Lichtbündel vollkommen abſorbirt wird, und die Intenſität des durchgelaſſenen Lichtes $= 0$ iſt; während in der ſenkrechten Stellung der größte Theil des Bündels durchgelaſſen wird, und die Intenſität ihr Maximum erreicht. Die Intenſitätszunahmen ſind vorgeſtellt durch die Formel:

$$T = M \cos.^2 A.$$

— Wir haben endlich geſehen, daß ein polariſirter Lichtſtrahl, der durch ein doppelt brechendes Prisma geht, zwei Lichtbündel bewirkt, ein gewöhnliches und ein ungewöhnliches, und daß die relative Intenſität dieſer Bündel immer von dem Winkel A abhängt, welchen der Hauptſchnitt des Prisma mit der Polariſationsebene macht. Wenn $A = 45°$, ſo ſind die beiden durchgelaſſenen Lichtbündel gleich; wenn $A = 0°$, ſo iſt das gewöhnliche im Maximum und das ungewöhnliche auf 0; das Gegentheil findet ſtatt, wenn $A = 90°$. Die relativen Intenſitäten dieſer Bündel ſind ebenfalls gemäß dem Geſetze von **Malus** dargeſtellt, der gewöhnliche Strahl durch $T = M \cos.^2 A$, der ungewöhnliche Strahl durch $T = M \sin.^2 A$. — Dann iſt M die Intenſität des einfallenden Strahles, denn man nimmt an, daß er völlig durchgeht und nicht zum Theil vom Kryſtall abſorbirt wird. — Dieß Geſetz führt uns dahin, ein natürliches Lichtbündel von einer Intenſität M uns zuſammengeſetzt vorzuſtellen, aus zwei unter rechtem Winkel polariſirten Bündeln, deren jedes eine Intenſität $= \frac{M}{2}$ hat. Denn bedeutet A den Winkel der Polariſationsebene des erſten mit dem Hauptſchnitt des doppeltbrechenden Prismas, ſo wird der Winkel des zweiten $= 90° - A$ ſein, und der erſte wird in dem doppeltbrechenden Prisma einen gewöhnlichen Strahl $\frac{M}{2} \cos.^2 A$ und einen ungewöhnlichen Strahl $\frac{M}{2} \sin.^2 A$ geben; während der zweite einen gewöhnlichen Strahl $\frac{M}{2} \cos.^2 (90° - A) = \frac{M}{2} \sin.^2 A$, und einen ungewöhnlichen Strahl $\frac{M}{2} \sin.^2 (90° - A) = \frac{M}{2} \cos.^2 A$ geben wird. Daher wird die Summe der beiden gewöhnlichen Strahlenbündel ſein $\frac{M}{2} (\cos.^2 A + \sin.^2 A) = \frac{M}{2}$, und die Summe der beiden ungewöhnlichen Strahlenbündel $\frac{M}{2} (\sin.^2 A + \cos.^2 A) = \frac{M}{2}$; d. h. die beiden Bilder werden immer gleich an Intenſität ſein, welche Stellung auch der Hauptſchnitt gegen die Polariſationsebene haben mag, vorausgeſetzt, daß ſie untereinander perpendiculär ſind, welches der Character des natürlichen Lichtes iſt.

Die Quantität des zurückgeworfenen Lichtes durch polirte Flächen nimmt fortwährend zu mit der Schiefe des Einfalls. Das Geſetz, nach welchem dieß geſchieht, iſt von Fresnel durch folgende Formel ausgedrückt worden:

$$T = \frac{\sin.^2 (i - i')}{\sin.^2 (i + i')} \cdot \cos.^2 A + \frac{\text{tang.}^2 (i - i')}{\text{tang.}^2 (i + i')} \cdot \sin.^2 A.$$

Die Intenſität des einfallenden Lichtes iſt als Einheit angenommen. T bezeichnet die Intenſität des zurückgeworfenen Lichtes; i den Einfallswinkel; i′ den Winkel der entſprechenden Brechung; A den Winkel, welchen die Polariſationsebene des einfallenden Lichtes mit der Einfallsebene oder der Reflexionsebene macht. — 1) Wenn das einfallende Licht in der Einfallsebene vollkommen polariſirt iſt, ſo hat man $A = 0$, $\sin.^2 A = 0$, $\cos.^2 A = 1$ und folglich

$$T = \frac{\sin.^2 (i - i')}{\sin.^2 (i + i')}.$$

Um von dieſer Formel Gebrauch machen zu können, darf man nur den Winkel i kennen, für welchen man die Intenſität des zurückgeworfenen Lichtes beſtimmen will, und den Brechungsexponenten n der Subſtanz, von welcher die Reflexion geſchieht, dann iſt i′ gegeben durch die Formel $\sin. i = n \sin. i'$. Es bleibt dann nur noch übrig für i und i′ ihre Werthe zu ſetzen, und nach Ausführung der Rechnung erhält man den Werth von T oder das Verhältniß des zurückgeworfenen Lichtes. 2) Wenn das Licht in der Ebene ſenkrecht auf die Einfallsebene vollkommen polariſirt iſt, und wenn zugleich der Einfallswinkel der der vollſtändigen Polariſation iſt, ſo hat man: $A = 90°$, $\cos.^2 A = 0$, $\sin.^2 A = 1$, $i + i' = 90$, $\sin. (i + i') = 1$, $\text{tang.} (i + i') = \infty$ und folglich: $T = 0$. Wir wiſſen, daß in der That unter dieſen Umſtänden die Reflexion genau 0 iſt. Aber wenn dieſe Umſtände dieſelben ſind, während der Einfallswinkel nicht der der vollſtändigen Polariſation iſt, ſo hat man nicht mehr $(i + i') = 90$ und findet folglich $T = \frac{\text{tang.}^2 (i - i')}{\text{tang.}^2 (i + i')}$. Der Zahlenwerth von T wird wie im vorhergehenden Falle gefunden. 3) Wenn das einfallende Licht vollkommen in einer Ebene polariſirt iſt, welche mit der Einfallsebene einen Winkel von 45° macht, ſo hat man $A = 45°$, $\cos.^2 A = \frac{1}{2}$, $\sin.^2 A = \frac{1}{2}$, und mithin

$$T = \frac{1}{2} \left(\frac{\sin.^2 (i - i')}{\sin.^2 (i + i')} + \frac{\text{tang.}^2 (i - i')}{\text{tang.}^2 (i + i')} \right).$$

Dieß Reſultat iſt genau daſſelbe, welches man erhalten würde, wenn man zwei einfallende Lichtbündel von gleicher Intenſität betrachtete, ſo daß $\frac{1}{2}$ ihre gemeinſame Intenſität, und das eine in der Einfallsebene, das andere ſenkrecht auf dieſe Ebene polariſirt wäre; denn das erſte würde geben:

$$\frac{1}{2}\,\frac{\sin.^2(i-i')}{\sin.^2(i+i')}$$ und das zweite: $$\frac{1}{2}\,\frac{\text{tang.}^2(i-i')}{\text{tang.}^2(i+i')}.$$

Fielen ſie nun zuſammen auf gleiche Weiſe ein, ſo würden ſie zuſammen unter demſelben Winkel zurückgeworfen, und die Intenſität des zurückgeworfenen Strahlenbündels wäre gleich der Summe des Intenſitäten eines jeden oder gleich:

$$\frac{1}{2}\left\{\frac{\sin.^2(i-i')}{\sin.^2(i+i')}+\frac{\text{tang.}^2(i-i')}{\text{tang.}^2(i+i')}\right\}$$

4) Wenn das einfallende Licht gemiſcht iſt, oder aus einer Quantität K polariſirten Lichtes und mithin einer Quantität 1 — K natürlichen Lichtes zuſammengeſetzt wäre, indem A immer den Winkel bezeichnet, den die Polariſationsebene des polariſirten Theiles mit der Einfallsebene macht, ſo kann man noch leicht das Verhältniß des zurückgeworfenen Lichtes finden; denn der Theil K des polariſirten Lichtes gibt bei der Reflexion eine Quantität Licht, welches dargeſtellt iſt durch:

$$K\left(\frac{\sin.^2(i-i')}{\sin.^2(i+i')}\cos.^2 A+\frac{\text{tang.}^2(i-i')}{\text{tang.}^2(i+i')}\sin.^2 A\right)$$

und der Theil 1 — K, welcher nicht polariſirt iſt, kann betrachtet werden als ein Theil $\frac{1-K}{2}$, der in der Einfallsebene und ein gleicher Theil $\frac{1-K}{2}$, der in der Ebene ſenkrecht auf die Einfallsebene polariſirt iſt. Der erſte gibt bei der Reflexion $\frac{1-K}{2}\cdot\frac{\sin.^2(i-i')}{\sin.^2(i+i')}$, der zweite $\frac{1-K}{2}\cdot\frac{\text{tang.}^2(i-i')}{\text{tang.}^2(i+i')}$, und die Summe dieſer drei reflectirten Bündel gibt den wahren Werth von T, alſo

$$T=\frac{1+K\cos.2A}{2}\cdot\frac{\sin.^2(i-i')}{\sin.^2(i+i')}+$$
$$\frac{1-K\cos.2A}{2}\cdot\frac{\text{tang.}^2(i-i')}{\text{tang.}^2(i+i')}.$$

Wenn K = 1 iſt, ſo geht dieſe Formel in diejenige über, welche für vollſtändig polariſirtes Licht gegeben wurde, und wenn K = 0 iſt, ſo geht ſie in die über, welche für das in 45° polariſirte oder für natürliches Licht gefunden wurde. 5) Wenn das Licht ſenkrecht einfällt, ſo hat man i = 0 und i′ = 0, und der Ausdruck von T wird dann $\frac{0}{0}$. Aber es iſt leicht hierfür den wahren Werth zu finden; denn indem n der Brechungsexponent iſt, iſt klar, daß bei ſehr kleinen Winkeln die Winkel ſelbſt für die Sinus und Tagenten und umgekehrt geſetzt werden können. Somit geht die bekannte Formel sin. i = n sin i′

über in $i = ni'$, und es folgt hieraus auf der einen Seite $i - i' = i'(n - 1)$, $i + i' = i'(n + 1)$, und auf der andern $\frac{\sin.^2(i - i')}{\sin.^2(i + i')} = \left(\frac{n - 1}{n + 1}\right)^2$ und $\frac{\text{tang.}^2(i - i')}{\text{tang.}^2(i + i')} = \left(\frac{n - 1}{n + 1}\right)^2$ und folglich $T = (\cos.^2 A + \sin.^2 A)\left(\frac{n - 1}{n + 1}\right)^2 = \left(\frac{n - 1}{n + 1}\right)^2$. Dieß beweiſt, wie zu erwarten ſtand, daß beim ſenkrechten Einfall das Licht ſtets in demſelben Verhältniß zurückgeworfen wird, es mag ſich im natürlichen Zuſtande befinden oder in irgend eine Ebene polariſirt ſein.

Wenn ein Strahl polariſirten Lichtes von einer polirten Fläche unter verſchiedenen Neigungen reflectirt wird, ſo iſt der reflectirte Theil noch polariſirt; aber es findet ſich im Allgemeinen, daß ſeine Polariſationsebene ihre Richtung verändert hat. Geſetzt die Polariſationsebene des einfallenden Lichtes mache einen Winkel von 45° mit der Reflexionsebene, ſo kann man finden, daß die Polariſationsebene des zurückgeworfenen Lichtes mit derſelben Ebene nur noch einen Winkel von 40, 30, 20 oder 10° oder wohl gar einen Winkel = 0 macht; dieß wird von der Art des Einfalles abhängen. Dieſe Veränderung der Richtung nennt man die Bewegung der Polariſationsebene. Man ſagt, dieſe Ebene wende ſich um 10, 20 oder 30°, wenn der Winkel, welchen ſie mit der Einfallsebene machte, um 10, 20 oder 30° zu oder abnahm. Der Winkel der Polariſationsebene mit der Einfallsebene oder der Reflexionsebene wird auch das Azimuth der Polariſationsebene genannt. Freſnel hat auch für dieſe Bewegung der Polariſationsebene zuerſt eine Formel angegeben:

$$\text{tang. } A' = \text{tang. } A \frac{\cos.(i + i')}{\cos.(i - i')}.$$

Hierin bezeichnet A das Azimuth der Polariſationsebene bei dem einfallenden Strahle, A′ das Azimuth derſelben beim zurückgeworfenen Strahle, i den Einfallswinkel, unter welchem die Reflexion vor ſich geht, i′ den Brechungswinkel, welcher dem Einfallswinkel entſpricht. Derſelbe beſtimmt ſich aus der Formel

$$\sin. i = n \sin. i',$$

wo n den Brechungsexponenten der reflectirenden Subſtanz bezeichnet. — 1) Um $A = A'$ zu haben, muß $\cos.(i + i') = \cos.(i - i')$ ſein; eine Bedingung, welche nur auf 2 Arten in der Wirklichkeit erfüllt ſein kann, nämlich durch $i = 0$, welches $i' = 0$ gibt, und durch $i = 90°$, welches $\sin. i' = \frac{1}{n}$ gibt. Hieraus folgt, daß die ſenkrechte Reflexion und die Reflexion unter dem größtmöglichen Winkel die einzigen ſind, welche keine Veränderung des Azimuths der

Polariſationsebenen bewirken, wie groß auch ſein Werth ſein mag. — 2) Wenn die Winkel i und i′ immer kleiner als 90° ſind, ſo folgt, daß cos. (i + i′) immer kleiner als cos. (i — i′) iſt, und daß folglich tang. A′ immer kleiner als tang. A, oder A′ immer kleiner als A iſt, d. h. daß bei ihrer Bewegung die Polariſationsebene ſich immer der Einfallsebene nähert. — 3) Wenn man i + i′ = 90° hat, oder was auf daſſelbe hinaus läuft, wenn der Strahl vollſtändig polariſirt iſt, (welche ſtattfindet, wenn der zurückgeworfene Strahl ſenkrecht auf dem gebrochenen ſteht; ſiehe oben), ſo hat man ſtets cos. (i + i′) = 0 und tang. A′ = 0, A′ = 0. Alſo beim Winkel der vollſtändigen Polariſation iſt der reflectirte Strahl ſtets in die Einfallsebene polariſirt, welches auch das Azimuth der Polariſationsebene des einfallenden Strahles ſein mag. Dieſes Reſultat zeigt, wie der Fall der vollſtändigen Polariſation mit der Bewegung der Polariſationsebene durch die Zurückwerfung in Verbindung ſteht, und wie ſehr man berechtigt iſt, ein Bündel natürlichen Lichtes als ein Bündel zu betrachten, welches aus einer Menge von in allen Azimuthen polariſirten Strahlen zuſammengeſetzt iſt; weil die Reflexion die Polariſationsebenen aller dieſer Strahlen in die Einfallsebene zurückführt. — 4) Wenn das Azimuth der Polariſationsebene 45° iſt, ſo hat man tang. A = 1 und tang. $A' = \frac{\cos.\,(i + i')}{\cos.\,(i - i')}$. Dieſe Formel entdeckte Fresnel ehe er das allgemeine Geſetz aufſtellte. Er verglich die directen Beobachtungen mit den Zahlenbeſtimmungen, welche ſich aus der Formel ergeben, daſſelbe hat mit einer großen Anzahl von Beobachtungen Brewſter gethan. Die Genauigkeit der Formel wird dadurch beſtätigt. — Alle die angegebenen Bewegungen der Polariſationsebene können durch eine graphiſche Conſtruction veranſchaulicht werden. Nehmen wir eine Linie QP an (Fig. 47.), welche wir in 90 gleiche Theile theilen; ſetzen wir voraus, daß dieſe Linie die Richtung der Einfallsebene auf die reflectirende Oberfläche darſtelle, und daß die einfallenden Lichtbündel nach und nach in verſchiedenen Punkten auf dieſer Linie unter ſchiefen Richtungen fallen, welche durch die Stelle dieſer Punkte bezeichnet ſind. So wird alſo bei dem Punkte P, zu dem 0 geſchrieben iſt, das Lichtbündel ſenkrecht auffallen; beim Punkte A unter einem Einfallswinkel von 20°, beim Punkte B unter einem Winkel von 40°, von 56° bei C, von 70° bei D und von 90° bei Q. Setzen wir endlich voraus, daß die Polariſationsebene aller dieſer einfallenden Lichtbündel ein Azimuth von 45° habe; dann wird die Linie az in ihren verſchiedenen Stellungen die Polariſationsebene des reflectirten Strahles vorſtellen. Man ſieht, daß bei einer Neigung von 56° gegen die Normale (das Einfallsloth), oder von 34° gegen die Fläche, die Polariſationsebene des reflectirten Strahles der Reflectionsebene parallel wird, und daß nach beiden Seiten von dieſem Punkte, d. h. bei größeren oder geringeren Einfallswinkeln, die Polariſationsebene ſeitwärts abweicht, nämlich für die geringeren Schiefen rechts von der Einfallsebene, und für die größeren links. Fig. 48. zeigt die Bewegung

der Polariſationsebene für einen polariſirten Strahl, welcher ebenfalls ein Azimuth von 45° hat, aber auf der anderen Seite der Einfallsebene. — Es iſt leicht zu ſehen, welchen Verlauf die Erſcheinung bei natürlichem Lichte nehmen werde. Denn ein Bündel natürlichen Lichtes von einer Intenſität = 1, kann als aus zwei Lichtbündeln zuſammengeſetzt betrachtet werden, deren jedes eine Intenſität = $\frac{1}{2}$ hat, und die im rechten Winkel polariſirt ſind; nehmen wir nun an, daß eines dieſer zwei Lichtbündel ſeine Polariſationsebene im Azimuth von 45° und rechts von der Einfallsebene habe, ſo wird das andere Bündel ſeine Polariſationsebene auch in dem Azimuth von 45° haben müſſen, aber links von der Einfallsebene. Die Erſcheinungen des natürlichen Lichtes ſind folglich nur die Zuſammenfaſſung der in Fig. 47. und 48. zuſammengeſtellten Erſcheinungen. Fig. 49. ſtellt dieſelben dar. Daraus folgt, daß beim ſenkrechten Einfalle das zurückgeworfene Lichtbündel ohne Polariſation iſt, wie das einfallende Lichtbündel; denn wie dieſes iſt es zuſammengeſetzt aus zwei Bündeln von gleicher Intenſität, die rechtwinklig polariſirt ſind. In dem Maße, in welchem der Einfallswinkel zunimmt, rücken die Polariſationsebenen einander näher, und wenn die Reflexion vom Glas ſtattfindet, ſo werden ſie für den Einfallswinkel von 56° endlich parallel untereinander und mit der Reflexionsebene, d. h. dann iſt der reflectirte Strahl vollſtändig polariſirt in die Reflexionsebene; über dieſe Grenze hinaus und für alle größeren Einfallswinkel fährt jede Polariſationsebene fort, in demſelben Sinne ſich zu wenden, indem der von links nach rechts, und der von rechts nach links von der Einfallsebene übergeht; und endlich für den Einfallswinkel 90° ſind die beiden Polariſationsebenen wieder ſenkrecht untereinander, indem jeder wieder ein Azimuth von 45° auf der anderen Seite der Einfallsebene angenommen hat. Dieſe Reſultate werden dazu dienen, die theilweiſe und vollſtändige Polariſation zu erklären, welche aus mehren auf einander folgenden Reflexionen ſich ergibt.

Wenn ein Bündel natürlichen Lichtes unter einem Winkel reflectirt wird, der größer oder kleiner iſt, als der der vollſtändigen Polariſation, ſo bietet er alle Erſcheinungen eines theilweiſe polariſirten Strahles dar. Um ſich hiervon zu überzeugen, braucht man ihn nur durch eine Turmalinplatte zu beobachten, denn das Bild verſchwindet bei keiner Stellung der Platte vollſtändig; aber es verändert ſeine Intenſität, ſo wie die Platte in ihrer Ebene ſich wendet.

Viele Phyſiker haben dieß gemiſchte Licht als zuſammengeſetzt aus zwei Lichtbündeln betrachtet, von denen das eine im natürlichen Zuſtande, das andere in der Einfallsebene polariſirt wäre. Brewſter vergleicht ſtets ein Bündel natürlichen Lichtes von der Intenſität 1 mit 2 andern von der Intenſität $\frac{1}{2}$, welche beide in den Azimuth 45° polariſirt ſind, das eine rechts, das andere links von der Einfallsebene. Hieraus folgert er nun, daß ein natürliches Lichtbündel, das z. B. unter einem Winkel von 40° von Glas reflectirt wird (Fig. 49.) aus 2 polariſirten Bündeln zuſammengeſetzt iſt, das eine in das Azimuth von 23° 1′ rechts von der Einfallsebene, das andere in das Azimuth von

23° 1′ links von derſelben. Auf dieſe Weiſe gibt es nach der Zurückwerfung gar kein natürliches Licht mehr, ſondern alles iſt polariſirt: aber nicht alles ſcheint es zu ſein; denn ſobald man das reflectirte Lichtbündel mit dem Turmalin oder mit dem doppelt brechenden Prisma analyſirt, ſo iſt leicht zu ſehen, daß es aus zwei Lichtbündeln zuſammengeſetzt erſcheint, das eine von natürlichem, das andere von in die Einfallsebene polariſirtem Lichte. Brewſter hat ſogar das Verhältniß des Lichtes berechnet, welches durch die Reflexion in eine jede Einfallsebene polariſirt iſt, ſowohl für ein Bündel gemiſchten Lichtes, als für ein Bündel natürlichen Lichtes. Geſetzt wir hätten ein Lichtbündel (Intenſität = 1), welches aus zwei anderen zuſammengeſetzt wäre, die von gleicher Intenſität ($= \frac{1}{2}$), und in das Azimuth A polariſirt wären, das eine rechts, das andere links von der Einfallsebene, ſo iſt der ganze Theil T des reflectirten Lichtes gegeben durch die Formel:

$$T = \frac{\sin.^2 (i - i')}{\sin.^2 (i + i')} \cdot \cos.^2 A + \frac{\text{tang.}^2 (i - i')}{\text{tang.}^2 (i + i')} \cdot \sin.^2 A.$$

Derſelbe beſteht aus zwei Theilen, gleich $\frac{T}{2}$, welche durch jedes der beiden reflectirten Bündel hervorgebracht werden. Es ſei A′ der Azimuth der Polariſationsebene nach der Reflexion; dieſer Azimuth wird für das eine Bündel rechts von der Einfallsebene, für das andere links von derſelben ſein; er wird gegeben ſein durch die Formel

$$\text{tang. } A' = \text{tang. } A \frac{\cos. (i + i')}{\cos. (i - i')}.$$

Wenn jetzt eines der reflectirten Lichtbündel, z. B. das, deſſen Azimuth rechts iſt, durch ein doppeltbrechendes Prisma aufgenommen wird, deſſen Hauptſchnitt mit der Einfallsebene zuſammenfällt, ſo wird es zwei Bilder geben; ein gewöhnliches mit der Intenſität $\frac{T}{2} \cos.^2 A'$, und ein ungewöhnliches mit der Intenſität $\frac{T}{2} \sin.^2 A'$. Das Bündel, deſſen Azimuth links iſt, wird auf gleiche Weiſe für ſein gewöhnliches Bild $\frac{T}{2} \cos.^2 A'$, und für ſein ungewöhnliches Bild $\frac{T}{2} \sin.^2 A'$ geben. Daher wird das ganze gewöhnliche Bild $T \cos.^2 A'$ ſein, und das ungewöhnliche Bild $T \sin.^2 A'$. Der Antheil K des Lichtes, welches in die Einfallsebene oder in den Hauptſchnitt des Prisma polariſirt erſcheint, iſt offenbar gegeben durch die Differenz der Intenſitäten des erſten und des zweiten dieſer Bilder; alſo iſt

$$K = T \cos.^2 A' - T \sin.^2 A' = T (1 - 2 \sin.^2 A').$$

Um den Werth von K zu haben, bleibt nur noch übrig, für T ſeinen vorherigen Werth und für sin. A′ ſeinen Werth zu ſetzen, der ſich aus der obigen Gleichung von tang. A′ ergibt.

$$K = \left(\frac{\sin.^2 (i - i')}{\sin.^2 (i + i')} \cdot \cos.^2 A + \frac{\text{tang.}^2 (i - i')}{\text{tang.}^2 (i + i')} \cdot \sin.^2 A\right).$$
$$\left(\frac{\cos.^2 (i - i') - \text{tang.}^2 A \cos.^2 (i + i')}{\cos.^2 (i - i') + \text{tang.}^2 A \cos.^2 (i + i')}\right).$$

Dieſes iſt das Verhältniß des Lichtes, welches in der Einfallsebene polariſirt erſcheint, nachdem es unter dem Winkel i reflectirt worden, wenn der einfallende Strahl aus zwei anderen zuſammengeſetzt iſt, welche polariſirt ſind in das Azimuth A, der eine rechts, der andere links von der Einfallsebene. Um dieſe Formel auf den Fall anzuwenden, wo das einfallende Licht natürliches Licht iſt, genügt es $A = 45°$ zu ſetzen, dann iſt $\cos.^2 A = \frac{1}{2}$, $\sin.^2 A = \frac{1}{2}$, $\text{tang.}^2 A = 1$, und

$$K = \tfrac{1}{2}\left(\frac{\sin.^2 (i - i')}{\sin.^2 (i + i')} + \frac{\text{tang.}^2 (i - i')}{\text{tang.}^2 (i + i')}\right).$$
$$\left(\frac{\cos.^2 (i - i') - \cos.^2 (i + i')}{\cos.^2 (i - i') - \cos.^2 (i + i')}\right).$$

Brewſter hat folgende Tafel der Werthe von K berechnet, (nach der angegebenen Formel), für alle Einfallswinkel von 0° bis 90°; unter der Vorausſetzung, daß die Reflexion von Glas ſtattfindet, für welches der Brechungsexponent n = 1,525; die Intenſitäten der einfallenden und reflectirten Lichtbündel ſind mit 1000 multiplicirt.

Einfalls-winkel.	Brechungs winkel.	Azimuth der Polariſations-ebene des refl. Lichtes.	Geſammt-quantität des refl. Lichtes.	Quant. des in der Reflexions-ebene polar. Lichtes.	Verhältniß der Intenſität vom polariſir-ten u. refl. Lichte.
i	i′	A′	T	K	$\frac{K}{T}$
0	0 0′	45° 0′	43,23	0,00	0,00
10	6 32	43 51	43,39	1,74	0,04
20	12 58	40 13	43,41	7,22	0,17
25	16 5	37 21	43,64	11,60	0,26
30	19 8	33 40	44,78	17,25	0,38
35	22 6	29 8	46,33	24,37	0,57
40	24 56	23 41	49,10	33,25	0,68
45	27 37	17 22	53,66	44,09	0,82
50	30 9	10 18	61,36	57,36	0,94
56° 45′	33 15	0	79,50	79,50	0,00
60	34 36	5 4	93,31	91,60	0,96
65	36 28	12 45	124,56	112,70	0,90
70	38 2	18 32	162,67	129,80	0,78
75	39 54	26 52	257,26	152,34	0,59
78	39 54	30 44	329,95	157,67	0,48
79	40 4	31 59	359,27	157,69	0,44
80	40 13	33 13	391,70	156,60	0,40
82 44	40 35	36 22	499,44	145,40	0,29
84	40 42	38 2	560,32	134,93	0,24

Einfalls- winkel.	Brechungs- winkel.	Azimuth der Polariſations- ebene des refl. Lichtes.	Geſammt- quantität des refl. Lichtes.	Quant. des in der Reflexions- ebene polar. Lichtes.	Verhältniß der Intenſität vom polariſir- ten u. refl. Lichte.
i	i′	A′	T	K	$\frac{K}{T}$
85	40 47	39° 12′	616,28	123,75	0,20
86	40 51	40 23	676,26	108,67	0,16
87	40 54	41 32	744,11	89,83	0,12
88	40 57	42 42	819,90	65,90	0,08
89	40 58	43 51	904,81	36,32	0,04
90	40 58	45 0	1000,00	0	0,00

Alle in dieſer Tafel enthaltenen Zahlen ſind durch Rechnung gefunden, nur die zu den Einfallswinkeln 0°, 90° und 56° 45′ ſind durch die Verſuche verſichert. Arago hat aber eine größere Anzahl von Beobachtungen angeſtellt, welche nur geringe Abweichungen von den durch die Formel gefundenen Beſtimmungen geben. Aus den von ihm angeſtellten Verſuchen zog Arago den Schluß: daß für Einfallswinkel, welche gleichweit abſtehen vom Winkel der vollſtändigen Polariſation, die Quantitäten des polariſirten Lichtes gleich ſind. Z. B. eine Glasoberfläche, welche das Licht unter einem Einfallswinkel von 54° vollſtändig polariſirt, wird gleiche Quantitäten unter den Einfallswinkeln von 53° und 55° polariſiren, und ebenſo andere gleiche Quantitäten unter den Einfallswinkeln 52° und 56° u. ſ. w. Dieß Geſetz iſt jedoch in ſeiner Allgemeinheit noch keinesweges als erwieſen zu betrachten.

Brewſter hat ferner Unterſuchungen angeſtellt über den Einfluß auf einander folgender Reflexionen auf die Polariſation des Lichtes, und hat hierbei eine überzeugende Beſtätigung der vorerwähnten Formeln gefunden. Wenn ein Bündel natürlichen Lichtes von Glas reflectirt worden iſt, z. B. unter einem Winkel von 60°, ſo kann er als aus zwei Bündeln zuſammengeſetzt betrachtet werden, welche gleiche Intenſität haben und in das Azimuth 40°, der eine rechts, der andere links von der Einfallsebene polariſirt ſind. Dieß iſt die Aenderung, welche das Lichtbündel erleidet. Fällt nun dieſes reflectirte Bündel unter demſelben Einfallswinkel auf eine zweite Glasfläche, um hier eine zweite Reflexion zu erfahren (in eine Ebene parallel der erſten Einfallsebene), ſo werden die Polariſationsebenen rechts und links einen zweiten Grad der Annäherung erfahren u. ſ. w., bis endlich die beiden Polariſationsebenen unter einander und mit der Einfallsebene merklich zuſammenfallen, in welchem Falle das Lichtbündel in dieſer Ebene vollkommen polariſirt erſcheinen wird. Um dieſe Wirkungen zu berechnen, darf man nur die Bewegung der Polariſationsebenen in den auf einander folgenden Reflexionen verfolgen. Bezeichnen wir nun mit A′, A″, A‴... $A^{(n)}$ die Azimuthe der Polariſationsebene nach der erſten, zweiten, dritten.... nten Reflexion, und bemerken wir, daß das Azimuth des ein-

fallenden Lichtes 45° iſt, weil dieſes Licht im natürlichen Zuſtande iſt; ſo werden wir haben:

$$\text{tang. } A' = \frac{\cos.\ (i + i')}{\cos.\ (i - i')}; \ \text{tang. } A'' = \text{tang. } A' \frac{\cos.\ (i + i')}{\cos.\ (i - i')},$$

$$\text{tang. } A''' = \text{tang. } A'' \frac{\cos.\ (i + i')}{\cos.\ (i - i')} \ldots\ldots \ \text{tang. } A^{(n)} =$$

$$\text{tang. } A^{(n-1)} \frac{\cos.\ (i + i')}{\cos.\ (i - i')}.$$

Hieraus folgt, wenn man die Werthe von tang. $A^{(n-1)}$..... tang. A' in die Gleichung ſetzt,

$$\text{tang. } A^{(n)} = \left(\frac{\cos.\ (i + i')}{\cos.\ (i - i')}\right)^n.$$

Das letzte Azimuth $A^{(n)}$ kann niemals 0 ſein, wie groß auch die Anzahl der Reflexionen ſein mag; denn wenn das Verhältniß der Cosinus nicht 0 iſt, ſo kann es auch ihre $n$te Potenz nicht ſein; aber wenn dieſes Verhältniß kleiner als 1 iſt, ſo werden ſeine verſchiedenen Potenzen immer kleiner und kleiner; und wenn das Azimuth $A^{(n)}$ nur etwa noch $\frac{1}{2}$ Grad iſt, ſo ſind die Erſcheinungen ſo, als ob es 0 wäre. Brewſter fand u. A., daß das natürliche Licht nach 5 Reflectionen auf Glas unter einem Winkel von 70° vollkommen polariſirt erſchien. Wendet man nun aber die Formel auf dieſen Verſuch an, ſo findet man, daß nach 5 Reflexionen bei 70°, das Azimuth der Polariſationsebene nur 22′ iſt; und berechnet man nach den vorhergehenden Formeln die Intenſität des Lichtes, welches nicht in der Reflexionsebene polariſirt iſt, ſo findet man es nur 0,00008.

Die Brechung kann wie die Reflexion die Polariſationsebene verändern oder wenden. Dieſe Wirkung iſt in Fig. 51. dargeſtellt. PQ bezeichnet die Brechungsebene einer Glasplatte mit parallelen Seiten; die Länge dieſer Linie iſt in 90 gleiche Theile getheilt worden, und die Nummer jeder dieſer Eintheilungen bezeichnet den Einfallswinkel des Lichtbündels, welches in dieſen Punkt fällt, um nach geſchehener Brechung durch die Glasplatte hindurch zu gehen. So bezeichnet der Kreis neben der Zahl 60 ein Bündel polariſirten Lichtes, welches auf die erſte Fläche der Glasplatte unter einem Winkel von 60° fällt; der Diameter az zeigt die Richtung der Polariſationsebene dieſes Bündels, wenn es in die Luft zurück ſtrahlend geworden iſt, nachdem es beide Flächen des Glaſes durchdrungen hat; es macht hier einen Winkel von 50° 7′ mit der Brechungsebene. Beim Punkte P oder bei der Zahl 0, fällt das Lichtbündel rechtwinklig auf die Platte, und geht durch ſie ſenkrecht hindurch; die Erfahrung zeigt, daß nach der Ausſtrahlung ſeine Polariſationsebene dieſelbe wie beim Einfallen iſt. Die Fig. iſt unter der Vorausſetzung gezeichnet, daß dieſe Ebene einen Winkel von 45° mit der Brechungsebene macht. Aber in dem Maße, in welchem die Schiefe zunimmt, nimmt das Azimuth der Polariſationsebene zu.

Für eine Schiefe von 30° iſt das Azimuth 45° 40′; für 45°....46° 47′; für 60°....50° 7′; für 90°...66° 19′. Bei der Reflexion nähert ſich die Polariſationsebene der Einfallsebene; hier findet das Gegentheil ſtatt, ſie entfernt ſich mehr und mehr von derſelben und zeigt ein Streben, ſenkrecht auf ſie zu werden. Die Wirkung die man bei dieſen Verſuchen beobachtet, iſt zuſammengeſetzt, denn ſie ergibt ſich aus der brechenden Kraft zweier Oberflächen; um zu wiſſen, wie viel einem jeden zukommt, muß man mit ſehr reinen Prismen experimentiren, und unter ſolchen Einfallswinkeln, daß der Strahl ſenkrecht auf die zweite Oberfläche ausfährt. Dann wird dieſe zweite Oberfläche ohne Thätigkeit zur Veränderung des Azimuths ſein, und die beobachtete Wirkung wird ganz von der erſten abzuleiten ſein. Brewſter hat das bei dieſen Erſcheinungen obwaltende Geſetz durch eine einfache Formel ausgedrückt:

$$\cot. A' = \cot. A. \cos. (i - i'),$$

worin A das Azimuth der Polariſationsebene des einfallenden Lichtbündels, i der Einfallswinkel, i′ der Brechungswinkel, A′ das Azimuth der Polariſationsebene nach der Modification, die er durch die erſte Fläche erlitten hat. Wenden wir dieſe Formel auf den Fall einer Platte mit parallelen Flächen an, mit der Vorausſetzung, daß die Polariſationsebene des Bündels das Azimuth von 45° habe; ſo iſt $\cot. A = 1$ und man hat nur $\cot. A' = \cos. (i - i')$. Mit dieſem Azimuth A′ der Polariſationsebene geht alſo der Strahl fort, und trifft die zweite Oberfläche unter einem Einfallswinkel i′; dann iſt der Brechungswinkel i und da $\cos. (i - i) = \cos. (i - i')$, ſo wird das neue Azimuth nach dieſer zweiten Brechung durch die Gleichung $\cot. A'' = \cot. A' \cos. (i - i')$ gegeben ſein. Durch Multiplication mit der erſten findet man $\cot. A'' = \cos.^2 (i - i')$. Brewſter hat dieſe Formel durch eine große Anzahl von Beobachtungen beſtätigt, indem er ſich einer Glasplatte bediente, für welche n = 1,510 war. Folgende Tafel gewährt einen Vergleich der Uebereinſtimmung der Formel mit den Beobachtungen.

Einfallswinkel.	Brechungswinkel.	Beob. Drehung.	Beob. Azimuth.	Berechn. Azimuth.	Differenzen.
0	0° 0′	0° 0′	45° 0′	45° 0′	
10	6 36	0 13	45 13	45 6	+ 0 7
20	13 5	0 27	45 27	45 25	+ 0 2
25	16 15	0 32	45 32	45 40	— 0 8
30	19 20	0 40	45 40	46 0	— 0 20
35	22 19	1 12	46 12	46 25	— 0 13
40	25 10	1 30	46 30	46 56	— 0 26
45	27 55	1 42	46 47	47 34	+ 0 47
50	30 29	2 48	47 42	48 24	— 0 42
55	33 52	3 54	48 54	48 59	— 0 5
60	35 0	5 7	50 7	50 36	— 0 29
65	36 53	6 48	51 48	52 7	— 0 19

Einfalls-winkel.	Brechungs-winkel.	Beob. Drehung.	Beob. Azimuth.	Berechn. Azimuth.	Differenzen.
70	38° 29′	8° 7′	53° 7′	53° 59′	— 0 52
75	39 45	9 55	54 55	56 18	— 1 23
80	40 42	12 16	57 10	59 5	— 1 55
85	41 17	15 45	60 45	62 24	— 1 39
86	41 21	16 29	61 39	63 9	— 1 30
90	41 28	00 00	00 00	66 19	

Brewſter hat auf gleiche Weiſe ſeine Formel dadurch beſtätigt, daß er ein Lichtbündel unter demſelben Winkel brechen ließ, aber das Azimuth der Polariſationsebene von 0 bis 90° änderte. Er hatte den Einfallswinkel von 80° gewählt, für welchen A″ = 58° 40′ war, wenn das urſprüngliche Azimuth 45° war. Folgende Reſultate der Beobachtungen und der Rechnung wurden gefunden.

Urſprüngl. Azimuth der Polariſations-ebene.	Beobachtetes Azimuth im ausſtrahlenden Lichtbündel.	Berechnetes Azimuth für den ausſtrahlenden Strahl.	Differenzen.
A.	A′	A″	
0	0° 0′	0° 0′	0 0
2 30	7 10	7 20	— 0 10
5	9 40	8 19	+ 1 21
10	17 10	16 25	+ 0 45
15	24 42	24 6	+ 0 36
20	32 30	31 19	+ 1 11
25	39 15	37 54	+ 1 21
30	44 10	43 57	+ 0 13
35	49 38	49 28	+ 0 10
40	54 36	54 31	+ 0 5
45	58 40	59 5	— 0 25
50	63 10	63 19	— 0 9
55	66 58	67 15	— 0 17
60	70 18	70 56	— 0 38
65	74 8	74 24	— 0 16
70	76 56	77 42	— 0 46
75	79 20	80 53	— 1 33
80	83 23	83 58	— 0 35
85	86 23	86 0	+ 0 23
90	90 0	90 0	0 0

Die letzte Columne iſt nach der Formel

$$\cot. A'' = \cot. A \cot.^2 (58° 40')$$

berechnet.

Aus dem vorhergehenden Geſetze lernen wir, wie ein Bündel natürlichen Lichtes durch aufeinander folgende Brechungen polariſirt werden kann. Da nämlich ein ſolches Lichtbündel von der Intenſität 1 betrachtet werden kann als zuſammengeſetzt aus zwei Bündeln von glei-

cher Intenſität $\frac{1}{2}$, die rechtwinklig polariſirt ſind, indem das eine ſeine Polariſationsebene um 45° rechts, das andere um ebenſoviel links von der Brechungsebene hat; ſo iſt klar, daß nach den beiden Brechungen beim Durchgange durch eine parallelflächige Glasplatte, z. B. unter einem Einfallswinkel von 60° (Fig. 51.), der ausfahrende Strahl wird betrachtet werden können, als aus zwei Bündeln zuſammengeſetzt, welche zu 50° 7′ polariſirt ſind, ſo daß das eine rechts, das andere links von der Brechungsebene liegt. Dieſes ſo modificirte Lichtbündel fällt auf die zweite Oberfläche und nach ſeinem zweiten Ausfahren (Uebergang in ein anderes Mittel), wird ſich jede ſeiner Polariſationsebenen noch um einen gewiſſen Winkel in demſelben Sinne gedreht haben; daſſelbe geſchieht nach einem dritten Ausfahren u. ſ. w., bis endlich die beiden Ebenen genau einander entgegenſtehend und zuſammenfallend ſind. Dann gibt es nur noch Eine Polariſationsebene, und das Lichtbündel erſcheint vollkommen polariſirt in einer Ebene ſenkrecht auf die Brechungsebene. Aber hier, wie bei der Reflexion, genügt es, daß die entgegengeſetzten Polariſationsebenen unter einander einen hinreichend kleinen Winkel bilden, um dem Auge des Beobachters die Polariſation als völlig vollſtändig erſcheinen zu laſſen. Brewſter hat z. B. gefunden, daß das Licht einer Kerze bei 10 oder 12 Fuß Abſtand vollkommen polariſirt iſt durch 8 Glasplatten oder 16 brechende Oberflächen, unter einem Einfallswinkel von 78° 52′; durch 24 Platten oder 48 Oberflächen unter einem Winkel von 61°, durch 47 Platten oder 94 Oberflächen unter einem Winkel von 43° 34′; und die Formel gibt an, daß die Polariſationsebenen dann mit der Brechungsebene im erſten Falle einen Winkel 88° 50′, im zweiten von 89° 38′ und im dritten von 88° 27′ machten. Dieſe Ebenen waren alſo nicht mit mathematiſcher Genauigkeit ſenkrecht auf die Brechungsebene, aber wohl für das Auge des Beobachters. Auf gleiche Weiſe findet man, daß 5 Glasplatten oder 10 Oberflächen ein natürliches Lichtbündel vollſtändig polariſiren, das mit größtmöglicher Schiefe durch ſie hindurch geht u. ſ. w. Dieſes Reſultat iſt durch die Formel beſtätigt, weil der Winkel der Polariſationsebenen mit der Brechungsebene in dieſem Falle 89° 4′ iſt. — Was die Intenſität des Lichtes betrifft, welches bei jeder Brechung ſenkrecht auf die Einfallsebene polariſirt iſt, verglichen mit der Intenſität des durch Reflexion polariſirten Lichtes, ſo hat Arago folgendes durch Verſuche beſtätigte Geſetz aufgeſtellt: daß die Quantität des durch Brechung polariſirten Lichtes gleich iſt der Quantität des durch Reflexion polariſirten Lichtes. Dieſes Geſetz iſt ſtets genau, wenn ſich der Einfallswinkel des Lichtbündels nicht ſehr von dem Winkel der völligen Polariſation entfernt; aber aus den Formeln von Brewſter würde folgen, daß es für die ſehr vom Polariſatioswinkel abweichenden Winkel mehr oder weniger ungenau wäre.

Die brillanteſten Erſcheinungen ſind die Farbenphänomene, welche das polariſirte Licht darbietet, und dieſelben ſind daher auch ein Gegenſtand vieler Beobachtungen und Unterſuchungen geworden. — Die lebhaften Farben, welche ſich unter gewiſſen Bedingungen in kryſtalliſirten Platten zeigen, ſind von Arago entdeckt worden, bald

nachdem **Malus** die Polariſation des Lichtes entdeckt hatte. Folgende waren die erſten Beobachtungen, in denen dieſe Farben bemerkt wurden. Ein dünnes Glimmerblatt oder Marienglas erſcheint völlig farblos und durchſcheinend, wenn man es mit bloßem Auge gegen den reinen und wolkenloſen Himmel betrachtet; wenn man aber, um es zu betrachten, vor das Auge ein doppelt brechendes Prisma bringt, ſo ſieht man es im Allgemeinen in ſeiner ganzen Ausdehnung eine einfache und brillante Färbung annehmen. Das doppeltbrechende Prisma läßt es doppelt erſcheinen, und ſeine beiden gefärbten Bilder ſind ſtets in den gegenſeitigen Ergänzungsfarben (ſ. d. Art. **Farbe**, S. 357.) gefärbt; denn der Raum, wo ſie übereinander liegen, und ſich gegenſeitig aufheben, erſcheint völlig weiß. Die Lebhaftigkeit der Farben hängt von der Gegend des Himmels ab, welche man betrachtet, oder vielmehr von der Stellung gegen den Lauf der Sonne; und die Farben zeigen ſich niemals, wenn man die Beobachtung gegen einen mit Gewölk bedeckten Himmel richtet. Man kann u. A. bemerken, daß die Dicke des Blattes und ſeine Schiefe gegen das Lichtbündel, welches ins Auge gelangt, Umſtände ſind, welche die Nuance der Farben verändern, während die Stellung gegen den Hauptſchnitt des Prisma nur die Intenſität verändert. Da das blaue Licht des Himmels in den verſchiedenen Regionen und ſelbſt in den verſchiedenen Tagesſtunden mehr oder weniger polariſirt iſt, ſo iſt es natürlich, die angeführte Farbenerſcheinung auf die Polariſation zu beziehen. Dieſes wird durch folgenden Verſuch noch mehr beſtätigt. Das Licht der Wolken oder das einer Flamme wird von einem ſchwarzen Spiegel MM′ (Fig. 52.) reflectirt; das reflectirte Lichtbündel geht durch ein Diaphragma DD′ und wird durch ein doppelt brechendes Prisma PP′, welches man vor das Auge hält, beobachtet. Wir wiſſen, daß die Oeffnung des Diaphragma dann ein einziges Bild gibt, wenn der Winkel des Hauptſchnittes des Prisma und der Polariſationsebene 0° oder 90° iſt; daß es zwei gleich lebhafte Bilder gibt, wenn dieſer Winkel = 45°; und endlich zwei ungleiche Bilder, wenn dieſe Winke zwiſchen 0 und 45° oder zwiſchen 45° und 90° liegt. Wir wiſſen ferner, daß in allen Fällen dieſe Bilder farblos ſind. Bringt man jetzt in der Oeffnung des Diaphragma einen kleinen Ring NN′ (Fig. 53.) an, welcher eine dünne Kryſtallplatte LL′ trägt; ſo erſcheint hier dieſe Platte, welche von Natur durchſcheinend und ohne Farbe iſt, in mehr oder weniger lebhaften Nuancen gefärbt, und die Farben der beiden Bilder ſind immer Ergänzungsfarben gegen einander; denn wenn ſie hinreichend breit ſind oder wenig genug eines vom anderen entfernt iſt, ſo daß ſie ſich zum Theil decken, ſo iſt dieſer Theil vollkommen weiß. — Anſtatt das Bild der Oeffnung mit einem doppelt brechenden Prisma zu betrachten, könnte man es mit einem Turmalin oder mit einem Spiegelglaſe betrachten, welches ſo befeſtigt iſt, daß man es um das polariſirte Lichtbündel wenden kann, indem es dieſes immer unter dem Polariſationswinkel aufnimmt. Dem bloßen Auge erſcheint das Bild immer weiß. — Alle Kryſtallplatten bieten unter dieſen Verhältniſſen analoge Erſcheinungen dar, ſie mögen von einem Kryſtall mit Einer Axe oder von einem Kryſtall mit zwei Axen kommen, ſie mögen ihre natürlichen Flä=

chen behalten, oder in verſchiedenen Richtungen geſchnitten ſein; aber es gibt immer eine gewiſſe Grenze der Dicke, über welche hinaus alle Phänomene verſchwinden, und ſelbſt unter dieſer Grenze gibt es immer für jede Platte gewiſſe Stellungen, in denen ſie aufhört gefärbt zu ſein. Die beobachtete Thatſache läßt ſich kurz wie folgt ausſprechen: Ein Bündel polariſirten weißen Lichtes, welches unter gewiſſen Bedingungen durch eine Kryſtallplatte hindurch geht, erſcheint ſtets auf verſchiedene Weiſe gefärbt, wenn es nachher unter dem Polariſationswinkel zurückgeworfen, oder in einem doppelt brechenden Körper gebrochen wird. Der Apparat zu näheren Unterſuchungen in dieſer Beziehung iſt etwas zuſammengeſetzt. ABC und A′B′C′ ſind zwei ähnliche Latten, welche parallel angeordnet und untereinander ſo verbunden ſind, daß ſie eine Art länglichen Rectangels bilden (Fig. 54. und 55.). Dieſer Rectangel iſt gegen die Mitte ſeiner langen Seiten bei B und B′ unterſtützt, und kann um dieſe Punkte wie ein Fernrohr auf ſeinem Fuße bewegt werden. MM′ iſt der Reflector von geſchwärztem Glaſe oder Obſidian, welcher das Licht polariſiren ſoll; er dreht ſich um die Punkte C und C′; ein eingetheilter Kreis VS gibt ſeine Neigung an, und die Druckſchraube V dient dazu ihn feſtzuhalten, wenn er die geeignete Neigung hat. TT′ iſt die Röhre, welche den polariſirten Strahl aufnehmen ſoll; die beiden Enden ſind mit Diaphragmen ausgeſtattet, deren Oeffnung 2 oder 3 Linien beträgt. Die Axe dieſer Röhre iſt die Central-Axe des ganzen Apparates. Die Vorrichtungen E und E′ ſind die Träger der Kryſtallplatten; ſie ſind genau ähnlich, und es braucht daher nur eine, z. B. E, beſchrieben zu werden. Dieſer Träger beſteht aus drei beweglichen Stücken: 1) die Scheibe D, welche in ihrer Ebene drehbar iſt; 2) die Platte KK′ welche um zwei Zapfen X und X′ bewegt werden kann; 3) der Rahmen HH′ welcher um die Centralaxe drehbar iſt, mittelſt der Dillen O und O′. Die Kryſtallplatte L iſt mit etwas weichen Wachſes über die Oeffnung R befeſtigt, welche durch den Mittelpunkt der Scheibe D geht; und dort kann ſie mit Hilfe der drei beweglichen Stücken eine dreifache Bewegung erhalten: 1) die Bewegung ihrer Axe, indem man die Scheibe D in ihrer eigenen Ebene dreht, die Drehung derſelben wird am getheilten Kreiſe ss gemeſſen; 2) die Bewegung ihrer Ebene, indem man die Platte KK um die beiden Punkte XX′ dreht, die Drehung derſelben wird durch den getheilten Kreis GHI gemeſſen; 3) die Bewegung ihres Hauptſchnittes, indem man den Rahmen HH um die Dillen O und O′ dreht, deſſen Drehung durch einen getheilten Kreis NN gemeſſen wird, welchen eines der Enden des Rectangels AA trägt. Die Platte L′, welche ſich auf den Träger E′ befindet, hat genau dieſelben Bewegungen, und zwar unabhängig von denen der Platte L. In der Fig. 54. ſind die Platte KK des Trägers E und die ähnliche Platte des Trägers E′ in einer Stellung, welche ſie niemals annehmen, weil ſie den polariſirten Strahl aufhalten würde; man muß ſie in Gedanken aufheben, und um ihre Zapfen drehen laſſen; eine Drehung von 90° z. B. würde die Platten ſenkrecht auf den polariſirten Strahl ſtellen. Die kreisförmige Platte AA end-

lich welche den Rectangel begrenzt, iſt in Z auf ihrem Rande getheilt, und eine Art Alhidade, welche das doppeltbrechende Prisma trägt, kann den ganzen Umfang derſelben durchlaufen, und auf dieſe Weiſe dem Hauptſchnitte dieſes Prismas alle mögliche Stellungen in Bezug auf die urſprüngliche Polariſationsebene geben. Dieſe Alhidade kann ſtatt des doppeltbrechenden Prismas einen Turmalin aufnehmen, oder auch einen Glasſpiegel, welcher die Stelle des zweiten Spiegelglaſes, von dem wir ſprachen, vertritt. Dieſer Apparat kann auch für die Fig. 41. 42. 43. 44. abgebildeten und oben beſchriebenen Apparate gebraucht werden. Zu dieſem Zwecke braucht man nur die Platten L und L′ wegzunehmen, und nach und nach ſtatt des Reflectors MM′ ein doppelt brechendes Prisma, oder eine Säule von Spiegelglasplatten anzubringen.

Kryſtalle mit Einer Axe, auf welche das Lichtbündel ſenkrecht gegen die Axe fällt. Der eben beſchriebene Apparat iſt nun ſo eingerichtet, daß das ins Innere der Röhre TT′ zurückgeworfene Lichtbündel vollkommen polariſirt ſei, man mag ſich nun des Lichts der Wolken, oder einer Lampe, oder einer Kerze bedienen. Man erkennt die vollſtändige Polariſation mittelſt des Prisma PP′. Zu dieſem Zwecke ſtellt man die Platten KK und K′K′ der Träger E und E′ ſenkrecht auf das reflectirte Lichtbündel, und bringt auf die Mittelpunktsöffnungen der Scheiben D und D′ kein Plättchen. Das Lichtbündel kommt ſo direct auf das Prisma PP′, wo es zwei mehr oder weniger lebhafte Bilder erzeugt, je nachdem der Hauptſchnitt dieſes Prisma einen mehr oder weniger großen Winkel mit der Polariſationsebene macht. Wenn eines der Bilder gänzlich unmerklich bei einer gewiſſen Stellung des Prisma iſt, ſo iſt dieß ein Beweis, daß die Polariſation vollſtändig iſt, und man iſt zugleich verſichert, daß der Hauptſchnitt des Prisma dann parallel oder ſenkrecht gegen die Reflexionsebene iſt, nämlich parallel, wenn das gewöhnliche — ſenkrecht, wenn das ungewöhnliche Bild das bleibende iſt. Der Anblick des Prisma und die Stellung der Bilder werden hierbei entſcheiden. Nachdem Alles in dieſer Weiſe angeordnet, befeſtigt man auf die Oeffnung R der einen Scheibe ein der Axe paralleles kryſtalliſirtes Plättchen; z. B. ein Plättchen Bergkryſtall, welches weniger als 45 Hundertheile eines Millimeters dick iſt. Dieſe Plättchen ſind auf Glasplatten geleimt, um auf dieſen Grad der Dünnheit gebracht werden zu können. Hierauf betrachtet man durch das Prisma aufs neue die Erſcheinungen des polariſirten Lichtbündels, und macht folgende Beobachtungen: 1) Vorausgeſetzt, daß der Hauptſchnitt des Prisma in der Ebene der urſprünglichen Polariſation liege, d. h. in der Reflexionsebene, ſo ſind beide Bilder, das gewöhnliche und das ungewöhnliche *ſichtbar* und *farbig*. Ihre Farben ſind genau Ergänzungsfarben gegen einander. Wenn man die Scheibe D auf ihrer Ebene dreht, um die Stellung der Axe des Plättchens zu ändern, ſo ſieht man die Nuance der Farben dieſelbe bleiben für jedes Bild; aber der Glanz wird nach und nach verändert, und man findet bald eine Stellung, für welche eines der Bilder verſchwindet und das andere weiß wird. Bemerken wir uns dieſen Punkt als Ausgangspunkt, und fahren fort in demſelben Sinne zu drehen, ſo er-

ſcheinen die Bilder wieder in ihrer Färbung; darauf nimmt ihr Glanz zu, nimmt wieder ab bis zu einer neuen Stellung, wo das Bild, welches eben weiß war, vollkommen erloſchen iſt, und dafür das andere Bild weiß erſcheint. Um von der erſten zu der zweiten Stellung überzugehen, muß die Axe des Plättchens einen Viertelkreis beſchreiben. Der zweite, dritte und vierte Viertelkreis bieten genau dieſelbe Erſcheinung dar; und man kann leicht bemerken, daß die 4 Stellungen, bei welchen die beiden farbigen Bilder ſich auf Ein weißes Bild reduciren, genau dann eintreten, wenn der Hauptſchnitt des Plättchens parallel oder ſenkrecht gegen den Hauptſchnitt des Prisma iſt. Auf dieſe Weiſe laſſen ſich die Erſcheinungen auf folgende Weiſe zuſammenfaſſen: Wann der Hauptſchnitt des Plättchens mit dem Hauptſchnitt des Prisma und mit der urſprünglichen Polariſationsebene zuſammenfällt, gibt es nur Ein Bild, welches weiß iſt, und dieß iſt das gewöhnliche Bild. Wann der Hauptſchnitt des Plättchens ſenkrecht ſteht auf dem Hauptſchnitt des Prisma und auf der urſprünglichen Polariſationsebene, ſo gibt es nur Ein Bild, welches weiß iſt, und dieß iſt das ungewöhnliche Bild. In allen mittleren Stellungen gibt es zwei Bilder, welche ſtets mit denſelben Ergänzungsfarben gefärbt ſind; ſie nehmen den lebhafteſten Glanz dann an, wenn der Hauptſchnitt des Plättchens einen Winkel von $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{2}$, $\frac{5}{2}$ oder $\frac{7}{2}$ Quadranten mit dem Hauptſchnitt des Prisma macht. — 2) Wenn der Hauptſchnitt des Prisma ſenkrecht auf die urſprüngliche Polariſationsebene iſt, ſo beobachtet man analoge Erſcheinungen; nur tritt das gewöhnliche Bild an die Stelle des ungewöhnlichen und umgekehrt. — 3) Wenn der Hauptſchnitt des Prisma weder parallel noch ſenkrecht gegen die urſprüngliche Polariſationsebene, ſo beobachtet man noch die nämlichen Erſcheinungen; nämlich: ein Bild gar nicht und das andere weiß, wenn die zwei Hauptſchnitte des Plättchens und das Prisma parallel oder ſenkrecht gegen einander ſind; den größten Glanz in den Farben, wenn die Schnitte einen Winkel mit einander machen, der durch eine ungerade Anzahl Halbquandraten gemeſſen wird; und immer dieſelben Nuancen mehr oder weniger geſchwächt in allen mittleren Stellungen. — Die Plättchen von Bergkryſtall, welche dicker als etwa ein halb Millimeter ſind, geben nur ſehr ſchwache Farben; aber alle mehr oder weniger dünne Plättchen geben verſchiedene Nuancen, welche im allgemeinen deſto lebhafter ſind, je geringer die Dicke iſt. Bekanntlich hat man aus den Farbenringen (ſ. d. Art.) eine gewiſſe Reihenfolge jeder Farbe abgeleitet, ſo daß es ein Roth der erſten, zweiten, dritten u. ſ. w. Ordnung gibt und eben ſo in Orange u. ſ. w. verſchiedener Ordnungen. Biot der ſich ſehr genau mit den Farben der Kryſtallplättchen von derſelben Subſtanz, aber verſchiedener Dicke beſchäftigt hat, erkannte, daß, wenn man die Dicken auf eine angemeſſene Weiſe zunehmen läßt, man eine Reihe von Plättchen herſtellen kann, von denen z. B. das erſte das Roth der erſten Ordnung, das zweite das Roth der zweiten Ordnung u. ſ. w. gibt;

und indem er die Dicken dieſer Plättchen genau verglich, fand **Biot** daß dieſelbe die Reihenfolge der natürlichen Zahlen 1, 2, 3 u. ſ. w. befolgen. Mit Hilfe dieſes Geſetzes darf man nur wiſſen, bei welcher abſoluten Dicke eine gewiſſe Farbennuance in einer kryſtalliniſchen Subſtanz erzeugt wird, um zu beſtimmen, welche Farbennuance bei einer andern Dicke erzeugt werden werde, oder welche Dicke die kryſtalliniſche Subſtanz haben müſſe, um eine gewiſſe Farbennuance zu geben. Die einaxigen Kryſtalle können in dieſer Beziehung ſehr große Verſchiedenheiten darbieten, denn **Biot** findet z. B., daß ein der Axe paralleles Plättchen kohlenſauren Kalks 18 mal dünner ſein muß als ein Plättchen Bergkryſtall, ebenfalls der Axe parallel, um dieſelbe Farbenſtufe zu geben. Daher iſt es faſt unmöglich, dieſe Beobachtungen mit kohlenſaurem Kalk zu machen.

Nachdem **Biot** eine große Anzahl ſorgfältiger Verſuche und Unterſuchungen angeſtellt, iſt er dahin gekommen, alle Erſcheinungen durch eine Theorie zu erklären, welche als die **Theorie der beweglichen Polariſation** bekannt iſt. Dieſe Theorie geht von der Emiſſionstheorie aus (ſ. d. Art. **Licht**), während eine andere von **Fresnel** auf dem Syſteme der Vibrationen beruht. Es würde zu weit führen, dieſe Theorien, welche mathematiſch durchgeführt ſind, hier näher anzugeben.

Folgendes ſoll nur eine Vorſtellung von den Principien geben, auf welchen die Theorie **Fresnels** beruht. Der kleine Kreis (Fig. 56.) deſſen Mittelpunkt in C iſt, ſtellt den ſenkrechten Durchſchnitt eines polariſirten Lichtbündels vor; PP′ iſt die Richtung ſeiner urſprünglichen Polariſationsebene. Dieſes Lichtbündel begegnet zuerſt bei ſenkrechtem Einfall einem Kryſtallplättchen, welches parallel der Axe geſchnitten iſt; LL′ iſt die Richtung des Hauptſchnitts; ſie macht einen Winkel a mit der Linie PP′ der Polariſationsebene; MM′ iſt eine Senkrechte auf LL′. Nachdem es durch das Plättchen hindurchgegangen iſt, fällt das Lichtbündel auf ein Rhomboid oder ein doppeltbrechendes Prisma, deſſen Hauptſchnitt nach RR′ gerichtet iſt; er macht einen Winkel b mit der Linie PP′ der Polariſationsebene. BB′ iſt eine Senkrechte auf den Hauptſchnitt RR′ des Rhomboids. Verſuchen wir die Bilder, welche hervorgebracht werden, ihre relative Intenſität, und die gegenſeitige Wirkung des gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahles auf einander zu beſtimmen. Wir bezeichnen mit 1 die Intenſität des polariſirten Strahles im Augenblicke, wo er auf das Kryſtallplättchen fällt. Beim Durchgehen durch das Plättchen zerlegt ſich das Bündel in zwei andere, ein gewöhnliches und ein ungewöhnliches, welche zur Intenſität haben,

das erſte: $\cos.^2 a = F_o$ polariſirt nach CL,
das zweite: $\sin.^2 a = F_e$ polariſirt nach CM′.

Aber das Plättchen iſt viel zu dünn, als daß es zwiſchen ihnen eine merkliche Trennung gebe. Beim Durchgehen durch das Rhomboid zerlegt ſich jedes dieſer einzelnen Bündel noch in zwei andere:

$$\cos.^2 a \text{ gibt} \begin{cases} \cos.^2 a \cos.^2 (a-b) = F_o + {}_o' & \text{polariſirt nach CR.} \\ \cos.^2 a \sin.^2 (a-b) = F_o + {}_e' & \text{polariſirt nach CB.} \end{cases}$$

$\sin.^2 a$ gibt $\begin{cases} \sin.^2 a \sin.^2 (a - b) = F_e + o' \text{ polariſirt nach } CR, \\ \sin.^2 a \cos.^2 (a - b) = F_e + e' \text{ polariſirt nach } CB'. \end{cases}$

Die beiden nach CR polariſirten Theile nehmen dieſelbe Richtung, um nach dem Auge zu gelangen, und ſtellen zuſammen das gewöhnliche Bild her; und eben ſo ſind es die beiden nach CB und CB′ polariſirten Theile, welche das ungewöhnliche Bild herſtellen. Hieraus ergeben ſich folgende Elemente:

für das gewöhnliche Bild $\begin{cases} \cos.^2 a \cos.^2 (a - b) = F_o + o' \\ \sin.^2 a \sin.^2 (a - b) = F_e + o' \end{cases}$

für das ungewöhnliche Bild $\begin{cases} \cos.^2 a \sin.^2 (a - b) = F_o + e' \\ \sin.^2 a \cos.^2 (a - b) = F_e + e'. \end{cases}$

Man wird anfangs glauben, daß die Elemente jedes dieſer Bilder ſich nur einfach zu einander fügen dürfen, um ſowohl das gewöhnliche als das ungewöhnliche Bild herzuſtellen; aber man muß bedenken, daß die beiden Elemente jedes Bildes nicht dieſelbe Geſchwindigkeit haben. Beim gewöhnlichen Bilde z. B. hat das Bündel $= F_o + o'$ die gewöhnliche Brechung im Plättchen und im Rhomboid erlitten, während das Bündel $F_e + o'$ die ungewöhnliche Brechung im Plättchen und die gewöhnliche Brechung im Rhomboid erlitten hat. Da nun die gewöhnlichen und die ungewöhnlichen Geſchwindigkeiten verſchieden ſind, ſo folgt daraus eine Beſchleunigung oder eine Verzögerung des einen der beiden elementaren Bündels gegen das andere, und folglich ein Zuſammenſtimmen oder Nichtzuſammenſtimmen der Vibrationen, welche mehr oder weniger vollſtändig ſein können, wie wenn dieſe Bündel in Wirklichkeit mehr oder weniger ungleiche Wege zu durchlaufen hätten. Es ſei E der Weg, den das erſte Bündel $F_o + o'$, und E′ der Weg, den das zweite Bündel $F_e + o'$ zu durchlaufen hat; ſo wird $E - E'$ die Differenz der durchlaufenen Wege ſein; und in dieſem Falle zeigt Fresnel daß die geſammte Intenſität, um ſtatt durch die Summe der beiden elementaren Bündel dargeſtellt zu ſein, oder durch die Summe der Quadrate ihrer Geſchwindigkeit, durch dieſe Summen mehr dem doppelten Producte dieſer Geſchwindigkeiten multiplicirt mit $\cos.\ 2\pi \frac{c}{d}$ dargeſtellt iſt. Hierbei bezeichnet π den halben Kreisumfang für den Radius 1; c iſt die Differenz der durchlaufenen Wege, welche hier $E - E'$ iſt; d iſt die Länge einer Undulation für die Art Licht, welche in Betracht kommt. Folglich wird endlich für das gewöhnliche Bild die Intenſität $\cos.^2 b - \sin.\ 2a \sin.\ 2(a-b) \sin.^2 \pi \left(\frac{E - E'}{d}\right)$. Die Intenſität des ungewöhnlichen Bildes wird nach denſelben Principien gefunden; nur hat Fresnel gezeigt, daß zu der Differenz der durchlaufenen Wege der beiden das Bild herſtellenden Bündel eine halbe Undulation hinzugefügt werden muß, wenn ihre Polariſationsebenen fortfahren ſich von einander zu entfernen (betrachtet von einer einzigen Seite ihres gemeinſchaftlichen Durchſchnittes), bis eine in die Verlängerung der anderen fällt. Da nun die beiden Bündel $F_o + e'$ und $F_e + e'$, welche das unge-

wöhnliche Bild geben, polariſirt ſind, das eine nach CB, das andere nach CB′, die Verlängerung von CB; ſo muß zu E — E′, der Differenz der Wege, welche ſie in dem Plättchen durchlaufen haben, eine halbe Undulation hinzugefügt werden, welche durch die Verrückung der Polariſationsebene noch verloren geht. Zu der Summe der Intenſitäten oder zur Summe der Quadrate der Geſchwindigkeiten muß alſo hinzugefügt werden das Product dieſer Geſchwindigkeiten multiplicirt mit $\cos. 2\pi\left(\frac{E - E'}{d} + \frac{1}{2}\right) = -\cos. 2\pi\left(\frac{E - E'}{d}\right)$.

Dieß gibt für die Intenſität des ungewöhnlichen Bildes:

$$\cos.^2 a \sin.^2 (a - b) + \sin.^2 a \cos.^2 (a - b)$$
$$- 2 \cos. a \sin. (a - b). \sin. a \cos. (a - b). \cos. 2\pi\left(\frac{E - E'}{d}\right)$$

oder

$$(\sin. a \cos. (a - b) - \sin. (a - b) \cos. a)^2$$
$$+ 2 \sin. a \cos. (a - b) \sin. (a - b) \cos. a$$
$$- 2 \cos. a \sin. (a - b) \sin. a \cos. (a - b) \cos. 2\pi\left(\frac{E - E'}{d}\right)$$

oder endlich

$$\sin.^2 b + \sin. 2 a \sin.^2 (a - b) \sin.^2 \pi\left(\frac{E - E'}{d}\right).$$

Dieſes ſind, ſagt Freſnel die allgemeinen Formeln, welche die Intenſität jeder Art homogenen Lichtes in dem gewöhnlichen und dem ungewöhnlichen Bilde als Functionen der Länge der Undulation und des Unterſchieds der Wege E — E′ geben, welche die Strahlen beim Durchgange durch das Kryſtallplättchen durchlaufen haben. Kennt man die Dicke deſſelben und die Geſchwindigkeiten der gewöhnlichen und der ungewöhnlichen Strahlen in dem Kryſtall, ſo wird es leicht ſein E — E′ zu beſtimmen. Im Bergkryſtall und in den meiſten Kryſtallen von doppelter Brechung, erleidet E — E′ nur ſehr geringe Veränderungen, je nach der verſchiedenen Natur der Lichtſtrahlen; ſo daß man ſie als eine conſtante Quantität für alle Kryſtalle halten kann, wo die Zerſtreuung doppelter Brechung ſehr gering iſt, in Bezug auf die doppelte Brechung. Wenn man nach der Berechnung von E — E′, dieſe Differenz nach einander durch die mittlere Länge einer Oscillation jeder der 7 Hauptfarben dividirt, und dieſe verſchiedenen Quotienten nach einander in obige Ausdrücke ſetzt, ſo erhält man die Intenſitäten jeder Art farbiger Strahlen im gewöhnlichen und ungewöhnlichen Bilde, und wird hiernach die Farbenſtufen dieſer Bilder nach den empiriſchen Formeln beſtimmen können, welche Newton gegeben hat, um die Farbe zu finden, welche aus irgend einer Miſchung verſchiedener Strahlen ſich ergibt, deren relative Intenſitäten man kennt. Deßhalb muß man die allgemeinen Formeln, welche die Intenſität jeder Art homogenen Lichtes als Function ſeiner Undulationslänge geben, als den Ausdruck der Farbenſtufe, welche weißes Licht ſelbſt gibt, betrachten. — Wir kehren jetzt zu den beiden allgemeinen Formeln zurück, um ſie in einzelnen beſonderen Fällen zu betrachten.

Gewöhnliches Bild: $\cos.^2 b - \sin. 2 a \sin. 2 (a - b) \sin^2 \pi\left(\frac{E - E'}{d}\right)$;

Ungewöhnliches Bild: $\sin.^2 b + \sin. 2a \sin. 2(a - b) \sin.^2 \pi \left(\frac{E - E'}{d}\right)$.

1) Die Summe der Intenſitäten beider Bündel gibt wieder die urſprüngliche Intenſität, welche als Einheit angenommen wurde. — 2) Bei ſenkrechtem Einfall iſt die Differenz der durchlaufenen Wege in allen Kryſtallen proportional der Dicke; und in jedem Kryſtalle hängt ſie außerdem ab von der Differenz der Geſchwindigkeiten des gewöhnlichen und des ungewöhnlichen Strahles oder der Brechungsexponenten, welche dieſen beiden Arten von Strahlen entſprechen. In einem Kryſtall, wo die Brechungsexponenten beinahe gleich wären, würde eine große Dicke nöthig ſein, um z. B. das Roth der erſten Ordnung zu erhalten; während daß, um dieſelbe Nuance zu erhalten, nur eine ſehr geringe Dicke nöthig wäre, wenn die Brechungsexponenten des gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahles ſehr verſchieden wären. — 3) Wenn die Differenz der durchlaufenen Wege einer ſehr großen Anzahl von Oscillationen gleich iſt, ſo ſind die Bilder weiß. Mit Ausnahme dieſer Fälle können die Bilder auch noch für andere Verhältniſſe weiß ſein, welche wir unterſuchen wollen. — 4) Die nothwendige Bedingung, daß es keine Farben in den Bildern gebe, iſt offenbar, daß der Ausdruck, welcher mit der Länge der Oscillationen variirt $= 0$ ſei; weil dann die Strahlen aller Farben gleiche Intenſitäten haben, und weiß hervorbringen werden. Die Bedingung, unter welcher die Bilder weiß erſcheinen, iſt alſo enthalten in dem Ausdruck: $\sin. 2a \sin. 2(a - b) = 0$; und derſelbe kann nur erfüllt ſein durch $a = 0$, $a = 1^q$, $a = 2^q$, $a = 3^q$ oder durch $b = a$, $b = 1^q + a$, $b = 2^q + a$, $b = 3^q + a$. Alſo ſind die Bilder immer weiß, erſtens wenn der Hauptſchnitt des Plättchens parallel oder ſenkrecht gegen die urſprüngliche Polariſationsebene iſt. Zweitens, wenn der Hauptſchnitt des Plättchens parallel oder ſenkrecht gegen den Hauptſchnitt des Rhomboids iſt. Daſſelbe konnte man von vorn herein wiſſen, weil in dem erſten Falle das Bündel beim Durchgange durch das Plättchen nur eine einzige Brechung erleidet, und im zweiten Falle beim Durchgange durch das Rhomboid eine einzige Refraction erfährt. — 5) Die nothwendige Bedingung, damit die Bilder mit den lebendigſten Farben gefärbt erſcheinen, iſt offenbar, daß der Ausdruck, welcher mit den Undulationslängen variirt, ſein Maximum erreicht; und dieß iſt der Fall, wenn ſein Coefficient $= 1$ iſt, oder wenn $\sin. 2a \sin. 2(a - b) = 1$. Dieſe Bedingung iſt erfüllt, wenn $a = 45°$ und $b = 0°$. Dieß gibt:

$$\text{Gewöhnliches Bild}: \cos.^2 \pi \left(\frac{E - E'}{d}\right);$$

$$\text{Ungewöhnliches Bild}: \sin.^2 \pi \left(\frac{E - E'}{d}\right).$$

Alſo die lebhafteſten Farben werden beobachtet, wenn die Axe des Plättchens einen Winkel von 45° mit der urſprünglichen Polariſationsebene macht, und wenn zugleich der Hauptſchnitt des Rhomboids dieſer Ebene parallel iſt. Die Erfahrung beſtätigt dieß. — 6) Die ſich endlich er-

gebende Polariſationsebene kann leicht auf eine allgemeine Weiſe in dem einem und dem anderen Bilde beſtimmt werden. Wenn der Unterſchied der durchlaufenen Wege gleich 0° oder einer geraden Anzahl halber Undulationen iſt, ſo hat man $E - E' = \frac{2\,n\,d}{2}$ oder $\frac{E - E'}{d} = n$. Dieß n kann alle ganzen Werthe 0, 1, 2 u. ſ. w. haben, ſo hat man $\sin.^2 \pi \left(\frac{E - E'}{d}\right) = \sin.^2 n\,\pi = 0$. Alſo für $b = 0$ erliſcht das ungewöhnliche Bild, während das gewöhnliche Bild $= 1$ wird, und dieſes dann bei ſeiner Ausſtrahlung in die urſprüngliche Polariſationsebene vollkommen polariſirt iſt. Wenn die Differenz der durchlaufenen Wege gleich einer ungeraden Anzahl halber Undulationen iſt, ſo hat man $E - E' = (2\,n + 1)\,\frac{d}{c}$ oder $\frac{E - E'}{d} = \frac{2\,n + 1}{2}$ und $\sin.^2 \pi \left(\frac{E - E'}{d}\right) = \sin.^2 \pi \left(\frac{2\,n + 1}{2}\right) = 1$. Alſo für $b = 2\,a$ verſchwindet das ungewöhnliche Bild, während das gewöhnliche Bild $= 1$ wird; und dieſes iſt dann bei ſeiner Ausſtrahlung vollkommen in das Azimuth $2\,a$ polariſirt, oder in den Hauptſchnitt des Rhomboids. Wenn die Differenz der durchlaufenen Wege weder eine gerade noch eine ungerade Anzahl halber Undulationen iſt, ſo gibt es kein Bild, welches verſchwinden könnte, und die ausſtrahlenden Bündel ſind dann nach verſchiedenen Richtungen polariſirt. — Alle Reſultate der Formeln ſtimmen mit der Erfahrung überein.

Kryſtalle mit Einer Axe, auf welche das Lichtbündel ſchief auffällt. Geſetzt, wir hätten ein Kryſtallplättchen, deſſen beide Seiten parallel der Axe geſchnitten wären; LL′ (Fig. 57.) ſei die Richtung der Axe, und MM′ eine Senkrechte auf dieſe Richtung. Dieſes Plättchen iſt auf einen der Träger des vorhergehenden Apparates (Fig. 54.) gebracht. LL′ oder der Hauptſchnitt macht einen Winkel von 45° mit der urſprünglichen Polariſationsebene; das polariſirte Lichtbündel, welches durch ihn hindurch geht, wird mit einem Rhomboid oder doppeltbrechenden Prisma unterſucht, deſſen Hauptſchnitt mit der Polariſationsebene zuſammenfällt. Wir wiſſen, daß dann die Farben ihren lebhafteſten Glanz annehmen. Geſetzt das Plättchen werde jetzt auf das polariſirte Lichtbündel geneigt; und um eine beſtimmte Vorſtellung feſtzuhalten, wollen wir es nur in doppeltem Sinne drehen: um LL′ und um MM′. — 1) Wenn das Plättchen um die Axe LL′ dreht, ſo hört die Brechung nicht auf, in einer Ebene ſenkrecht auf die Axe vor ſich zu gehen, und die Geſchwindigkeit des ungewöhnlichen Strahles ändert ſich nicht mit der Schiefe, und der Unterſchied der durchlaufenen Räume bleibt proportional der Länge des Weges im Innern des Plättchens. Hieraus folgt, daß dieſelbe Wirkung eintritt, als wenn das Plättchen dicker würde, ohne ſeine ſenkrechte Lage gegen das Lichtbündel zu verändern. Folglich gehen die Farben nach und nach in höhere Ordnungen über. — 2) Wenn das Plättchen um

die Linie MM′ dreht, ſenkrecht auf die Axe, ſo geht die Brechung in dem Hauptſchnitte vor ſich, und es ergeben ſich zwei Urſachen, welche im entgegengeſetzten Sinne wirken. Von der einen Seite ändert ſich die ungewöhnliche Geſchwindigkeit mit der Schiefe; ſie nimmt zu in den poſitiven Kryſtallen und ab in den negativen, und in beiden Fällen nähert ſie ſich der gewöhnlichen Geſchwindigkeit. Durch dieſe Urſache wird alſo die Differenz der durchlaufenen Wege um ſo kleiner, je größer die Neigung wird. Es iſt, als wenn das Plättchen dünner würde. Von der andern Seite wird die Länge des Weges der Strahlen im Innern des Kryſtalles mit der Neigung wachſen, und dieſe Urſache vermehrt immer mehr die Differenz der durchlaufenen Wege; es iſt als ob die Plättchen dicker würden. Man könnte eine kryſtalliſirte Subſtanz annehmen, welche von der Beſchaffenheit wäre, daß ſich die zwei entgegen wirkenden Urſachen genau compenſirten, und dann würden die Farbenſtufen der Bilder bei allen Schiefen unveränderlich bleiben, wenn man die Plättchen neigte, indem man ſie um die Senkrechte auf ihre Axe drehte. Im Bergkryſtall iſt die erſte Urſache die überwiegende, woraus zuletzt folgt, daß ſich die Färbungen ändern, wie wenn die Plättchen dünner würden. Mithin gehen die Farben in tiefere Ordnungen über, z. B. von der dritten zur zweiten u. ſ. w. Die Wirkungen werden offenbar nach gewiſſen Geſetzen complicirter werden, wenn man, um die Plättchen zu neigen, ſie um eine Linie dreht, welche weder parallel noch ſenkrecht gegen die Axe iſt. — Alle dieſe Erſcheinungen können mit großer Schärfe und mit großem Glanze an einer Glimmerart beobachtet werden, welche ſich in der Lava des Veſuv findet. Ihr blättriges Gefüge gibt ſeiner Natur nach Plättchen, die man mit der Spitze eines Federmeſſers beliebig verdünnen kann. Jedes dieſer kleinen Plättchen iſt ein Kryſtall mit Einer Axe, welche ſenkrecht auf die beiden Flächen des Plättchens iſt. Bei ſenkrechtem Einfall hat es daher keine Färbung, weil die beiden Strahlen, der gewöhnliche und der ungewöhnliche, ſich dann im Sinne der Axe bewegen. Neigt man aber die Plättchen in irgend einem Sinne, ſo neigt man ſie immer im Hauptſchnitt, und die Wirkungen ſind immer dieſelben, wie wenn man ihre Dicke vermehrte. Der Beryll iſt auch ein Kryſtall mit Einer Axe, der bei dieſen Verſuchen angewendet werden kann. — Es iſt kaum noch nöthig zu erwähnen, daß man vielfach variirte und noch vollſtändigere Farbenſtufen erhält, wenn man den polariſirten Strahl durch zwei verſchiedene Plättchen hindurchgehen läßt, dieſe Plättchen mögen nun einfach übereinander gelegt werden, oder jedes auf einen der Träger des Apparates (Fig. 54. und 55.) befeſtigt worden ſein. In dieſem letzten Falle kann das eine gegen das andere alle möglichen Stellungen erhalten. Die Verdoppelung der Plättchen gibt ein Mittel Farben in den Kryſtallen zu entwickeln, wo man bei directer Beobachtung keine entdecken kann. Nehmen wir z. B. ein Plättchen Quarz parallel der Axe, welches mehre Millimeter oder ſogar mehre Centimeter Dicke hat, und folglich völlig weiße Bilder gibt; ſo wird es zwei Arten geben, dieſe Bilder gefärbt zu machen, wie die von Plättchen, deren Dicke kleiner als ein halb Millimeter iſt. Man gelangt dazu durch

die parallele und die kreuzweiſe Doppelung. — 1) Die parallele Doppelung. Man nimmt einen negativen Kryſtall, z. B. Kalkſpath, und ſchneidet davon ein Plättchen parallel der Axe, und von einer ſolchen Dicke, daß die Differenz der vom gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahl durchlaufenen Wege etwas größer oder kleiner als dieſelbe Differenz in dem Quarzblättchen iſt. Dieſe beiden Plättchen legt man ſo über einander, daß ihre Hauptſchnitte unter einander parallel ſind, und ihre Verbindung verhält ſich wie ein einziges dünnes Plättchen Quarz oder Kalkſpath. Der Grund iſt klar: im Quarz verliert der ungewöhnliche Strahl an Geſchwindigkeit über dem gewöhnlichen, im Kalkſpath gewinnt er an Geſchwindigkeit. Mithin iſt zuletzt die Differenz der durchlaufenen Wege in den zwei übereinander gelegten Plättchen nur der Ueberſchuß der Differenz der Wege in dem einen über die Differenz der Wege in dem anderen. Das Reſultat kann alſo nach den vorhergehenden Formeln im Voraus berechnet werden. — 2) Kreuzweiſe Doppelung. Man nimmt einen poſitiven Kryſtall, wie den Quarz, und ſchneidet dann ein Plättchen parallel der Axe und von einer ſolchen Dicke, daß die Differenz der vom gewöhnlichen und vom ungewöhnlichen Strahl durchlaufenen Wege etwas größer oder etwas kleiner ſei, als dieſelbe Differenz in dem Quarzplättchen. Man legt dieſe beiden Plättchen ſo übereinander, daß ihre beiden Hauptſchnitte ſenkrecht gegen einander ſind, und ihre Verbindung verhält ſich wie Ein dünnes Plättchen. Der Grund iſt klar: der ungewöhnliche Strahl, welcher in dem erſten Plättchen an Geſchwindigkeit verloren hat, wird zum gewöhnlichen Strahl in dem zweiten und gewinnt wieder an Geſchwindigkeit und ſo auch umgekehrt; alſo zuletzt iſt die Differenz der durchlaufenen Wege in den beiden gekreuzten Plättchen nur der Ueberſchuß der Differenz der Wege in dem einen über die Differenz der Wege in dem andern; und wenn die beiden Plättchen von derſelben Subſtanz ſind, ſo bringt ihre Verbindung genau dieſelbe Wirkung hervor, wie ein einziges Plättchen, deſſen Dicke gleich dem Unterſchiede der Dicken jener beiden Plättchen iſt. Der größeren Einfachheit wegen wurden die Plättchen parallel der Axe angenommen. — Aus dieſen Erſcheinungen ergibt ſich die einfachſte Methode, zu ſehen, ob ein gegebener Kryſtall poſitiv oder negativ iſt. Denn man braucht davon nur ein Plättchen mit parallelen Flächen zu ſchneiden, welches dick genug iſt, um keine Farben zu geben, und es nachher mit einem dicken Plättchen eines bekannten Kryſtalls, z. B. Quarz zu verbinden. Entſtehen die Farben durch parallele Doppelung, ſo wird der gegebene Kryſtall das entgegengeſetzte Zeichen von Quarz haben, alſo negativ ſein; entſtehen ſie durch kreuzweiſe Doppelung, ſo wird der gegebene Kryſtall daſſelbe Zeichen wie der Quarz haben, alſo poſitiv ſein. Man ſieht, daß es nur nöthig iſt die Hauptſchnitte beider Kryſtalle zu kennen, ſowohl des zu unterſuchenden, als deſſen, mit dem man die Prüfung vornimmt; es iſt nicht nöthig, daß die Flächen der Axe parallel ſind.

Die Kryſtalle mit zwei Axen, welche ſich am meiſten zu den Verſuchen eignen, die uns beſchäftigen, ſind der Glimmer und der ſchwefelſaure Kalk (blätterige Gyps) wegen ihrer Eigenſchaft, ſich von

Natur in Platten von immer größerer Dünne zu ſpalten. Die kleinen Blätter des ſchwefelſauren Kalkes laſſen ſich ohne Mühe nach ihrem natürlichen Gefüge ſpalten; ſie geben ſo Parallelogramme mit Seiten, auf welche wir die Richtungen der Axen beziehen werden. Hauy nimmt als urſprüngliche Form dieſer Subſtanz das Parallelogramm an, deſſen Seiten im Verhältniß von 13 zu 12 ſtehen. Wenn man die Seite 12 verdreifacht, indem man der anderen ihren Werth läßt, ſo erhält man ein neues Parallelogramm, deſſen große Axen genau die Richtung der mittleren Linie bezeichnet; die Axen, welche ſymmetriſch zu beiden Seiten von dieſer Linie liegen, machen mit ihr einen Winkel von 30°, und folglich unter einander einen Winkel von 60°. Iſt daher ein Plättchen ſchwefelſauren Kalks gegeben, ſo iſt es leicht ſeinen Hauptſchnitt zu finden, weil man nur die mittlere Linie zu ziehen, und durch dieſe Linie einen Schnitt ſenkrecht auf die Seiten des Plättchens anzunehmen braucht. Um jetzt die durch den ſchwefelſauren Kalk gegebenen Farben zu unterſuchen, wird man die Plättchen auf die Träger E und E′ des Apparates (Fig. 54.) bringen, wie bei den Kryſtallen mit einer Axe. Nachher wird man mit dem doppeltbrechenden Prisma die Erſcheinungen beobachten, welche das durchgelaſſene Lichtbündel darbietet. Die Farben werden einen lebhaften Glanz haben, wenn die Plättchen ſehr dünn ſind, und man wird ſich leicht überzeugen können, daß beim ſenkrechten Einfall alle Erſcheinungen um die mittlere Linie im Kryſtall vor ſich gehen, nach denſelben Geſetzen, wie um die Axe bei den einaxigen Kryſtallen; und durch ein merkwürdiges Zuſammentreffen geben gleiche Dicken des Quarzes und des ſchwefelſauren Kalkes genau dieſelben Nuancen. — Die urſprüngliche Form des ſibiriſchen Glimmers iſt ein gerades Prisma mit rhombiſcher Grundfläche, ſenkrecht auf der Ebene der Plättchen. Die mathematiſche Axe des Prismas iſt die mittlere Linie, und die optiſchen Axen, welche ſymmetriſch gegen dieſe Linie liegen, machen mit ihr einen Winkel von 20° 21′, indem ihre Ebene durch eine der Diagonalen des Rhombus geht. Dieſe Anordnung iſt, wie man ſieht, ſehr verſchieden von der des ſchwefelſauren Kalkes. Bei ſenkrechtem Einfall befolgen dennoch die Plättchen des ſibiriſchen Glimmers dieſelben Geſetze, wie Plättchen der einaxigen Kryſtalle, nur daß die Diagonale des Rhombus, welche die Ebene der Axen beſtimmt, an die Stelle der Einen Axe tritt. Was die abſolute Dicke betrifft, welche einen gewiſſen Farbenton beſtimmt, ſo hat Biot gefunden, daß ſie größer als beim ſchwefelſauren Kalk iſt, im Verhältniß von 696 zu 365. Bei Prüfung der Erſcheinungen, welche die Plättchen der zweiaxigen Kryſtalle hervorbringen, ſobald der Strahl unter verſchiedenen Schiefen auf ſie fällt, kann man Methoden zur Beſtimmung der Axen ſelbſt ableiten, aber wir werden im Folgenden ein einfacheres und directeres Mittel anzeigen. Um dieſe Phänomene zu beobachten, genügt es, dünne Plättchen Glimmer oder ſchwefelſauren Kalk ſo auf einem ſchwarzen Grunde horizontal anzuordnen, daß ſie das Licht der Wolken empfangen. Betrachtet man ſie dann durch einen Turmalin unter dem Polariſationswinkel, ſo bemerkt man auf ihrer zweiten Oberfläche ſehr glänzende einfache Farbenſtufen.

Wir wollen nun bei den einaxigen Kryſtallen, die beſondern farbigen Ringe unterſuchen, welche alle Kryſtalle doppelter Brechung erzeugen können, und wir wollen als Beiſpiel den Kalkſpath nehmen, welcher ſehr regelmäßige Farben gibt. Die allgemeinen Bedingungen der Erſcheinung ſind: Ein weißes polariſirtes Lichtbündel geht ſenkrecht durch ein Plättchen, welches ſenkrecht auf die Axe iſt; nach ſeiner Ausſtrahlung betrachtet man es mit einer Turmalinplatte, und man bemerkt eine Reihe runder concentriſcher und ſehr lebhaft gefärbter Kreiſe. Fig. 58. ſtellt die Anordnung des Verſuches dar. RR′ iſt der Reflector, auf welchem das Lichtbündel durch Reflexion polariſirt wird. Derſelbe beſteht in einer großen Glasplatte von 6 bis 8 Zoll Durchmeſſer, oder einer einfachen wohlpolirten Holzſcheibe, welche mit einem glänzenden Firniß überzogen iſt. PP′ iſt die auf die Axe ſenkrechte Platte; es iſt gut, ſie einige Zoll vom Auge zu halten. TT′ iſt die Turmalinplatte, welche wir auf eine Glasplatte mit parallelen Flächen VV′ geleimt annehmen. Das Phänomen ändert ſich, ſo wie die Stellung des Turmalin eine andere wird. Fig. 59. ſtellt die Reihe der Ringe vor, wenn die Axe des Turmalin in der urſprünglichen Polariſationsebene ſich befindet. Dann geht durch ſie ein ſchönes ſchwarzes Kreuz, welches ſeine beiden Arme auf eine große Entfernung erſtreckt. Fig. 60. ſetzt im Gegentheil voraus, daß die Axe des Turmalins ſenkrecht auf die urſprüngliche Polariſationsebene iſt; an die Stelle des ſchwarzen Kreuzes tritt dann ein weißes Kreuz, und in allen ſeinen Punkten ergänzt das neue Bild das erſte. Wenn man den Turmalin langſam dreht, um ihn aus der erſten Stellung in die zweite überzuführen, ſo kann man mit dem Auge die Nuancen verfolgen, durch welche die Farben in einander übergehen. Um die Geſetze zu ſtudiren, denen dieſe Ringe unterworfen ſind, genügt es, mit einfachem Lichte zu operiren, indem man z. B. ein rothes Glas in den Weg des polariſirten Lichtbündels ſtellt, und nachher den Abſtand des Auges, die Dicke der Kryſtallplatte und die Durchmeſſer der Ringe zu meſſen. Auf dieſe Weiſe gelangt man zu folgenden zwei allgemeinen Geſetzen: 1) In demſelben Plättchen folgen die Quadrate der Durchmeſſer der Ringe der verſchiedenen Ordnungen, die Reihe der Zahlen 0, 1, 2, 3, 4 u. ſ. w. 2) In Plättchen von verſchiedener Dicke ſind die Quadrate der Durchmeſſer derſelben Ordnung im umgekehrten Verhältniß der Dicken der Plättchen. — Was die abſolute Dicke betrifft, die ein Plättchen einer gegebenen Subſtanz haben muß, um Ringe von einer gegebenen Größe zu erzeugen, ſo hängt ſie im Allgemeinen ab von dem Verhältniß der gewöhnlichen und ungewöhnlichen Geſchwindigkeit des Lichtes im Innern des Kryſtalls. Die Urſache dieſer Abhängigkeit wird aus demjenigen einleuchten, was wir über die Urſache des Phänomens ſelbſt ſagen werden. Es ſei PP (Fig. 61.) die auf die Axe ſenkrechte Platte, und O die Stelle des Auges. Der Theil des einfallenden Lichtbündels, welcher geſehen wird, bildet eine Art Lichtkegel OBB′, deſſen Spitze O ſich im Auge befindet, deſſen kreisförmige Grundfläche einen mit der Entfernung veränderlichen Durchmeſſer BB′ hat, und deſſen Axe mit der Axe des Kryſtalls zuſammenfällt. Die verſchiedenen

Strahlen dieſes Kegels zeigen ſehr verſchiedene Wirkungen; diejenigen, welche der Axe CO zunächſt ſind, gehen durch die Platte ohne abgelenkt zu werden, und diejenigen, welche ſich in der Nähe der Ränder befinden, ABO, gehen ſchief durch ſie hindurch, und ſind folglich der doppelten Brechung unterworfen; aber dieſe beiden Brechungen gehen ſtets in derſelben Ebene vor ſich, weil jeder ſenkrechte Schnitt, der durch CO geht, ein Hauptſchnitt iſt. Ferner erleiden die verſchiedenen Strahlen, welche gleichweit von der Axe abſtehen, oder in einen und denſelben Kreisumfang vertheilt ſind, ſehr verſchiedene Modificationen in ihren Polariſationsebenen; denn wenn man durch DBD′B′ (Fig. 62.) den Durchſchnitt des Lichtbündels im Augenblicke, wo er aus dem Kryſtallplättchen heraustritt, und durch BB′ die urſprüngliche Polariſationsebene darſtellt, ſo iſt klar: 1) daß die Strahlen B und B′ in der urſprünglichen Ebene polariſirt bleiben, weil ihre Polariſationsebene mit dem Hauptſchnite BB′ zuſammenfällt, durch den ſie durchgehen; 2) daß die Strahlen D und D′ ebenfalls in ihrer urſprünglichen Ebene polariſirt bleiben, weil ihre Polariſationsebene ſenkrecht auf den Schnitt DD′ iſt, durch welchen ſie hindurchgehen; 3) daß ſolche Strahlen, wie F, ſich in zwei andere zerlegen, einen gewöhnlichen, der nach F′H polariſirt iſt, und einen ungewöhnlichen, der nach F′K polariſirt iſt; denn der Hauptſchnitt FF′, durch den ſie gehen, iſt weder ſenkrecht noch parallel gegen die Ebene F′L oder BB, der urſprünglichen Polariſation. Nun nehmen aber dieſe letzten Strahlen, indem ſie ſich ſo trennen, nothwendig verſchiedene Geſchwindigkeiten an, der gewöhnliche Strahl gewinnt vor dem ungewöhnlichen einen Vorſprung oder umgekehrt, je nachdem der Kryſtall poſitiv oder negativ iſt; und entfernt man ſich allmälich von der Axe C, ſo ſieht man, daß jener Vorſprung nach und nach gleich einer geraden oder einer ungeraden Anzahl Undulationen wird. Beobachtet man jetzt mit dem Turmalin ein auf dieſe Weiſe beſtimmtes Lichtbündel, ſo ſieht man leicht, daß Ringe und ein ſchwarzes oder weißes Kreuz entſtehen müſſen, je nachdem der Hauptſchnitt des Turmalins parallel oder ſenkrecht gegen die urſprüngliche Polariſationsebene BB′ iſt. Um im Voraus die Ordnung der Farbenſtufen und die abſolute Größe der Ringe zu beſtimmen, genügt es, die Stellung des Auges, die Dicke der Platte und die gewöhnliche und ungewöhnliche Geſchwindigkeit zu kennen, welche jeder Art einfachen Lichtes entſpricht. Die Platten von Kalkſpath, welche einige Millimeter oder ſogar 2 oder 3 Centimeter Dicke haben, geben ziemlich regelmäßige Ringe. Dieſe Subſtanz ſelbſt, ſo wie die übrigen Kryſtalle mit Einer Axe bieten im Allgemeinen verſchiedene Zufälle dar, über welche Herſchel intereſſante Beobachtungen gemacht hat. Zuweilen ſind die Ringe mehr oder weniger oval, und wenn man die Platte in ihrer Ebene dreht, ſo ſieht man das ſchwarze Kreuz in mehr oder weniger gekrümmte Curven ſich brechen. Dieß iſt ein ſicheres Zeichen, daß die Kryſtalliſation nicht vollkommen regelmäßig iſt. Der Quarz, der Beryl bieten ähnliche Zufälle noch häufiger und mannigfaltiger. Unter allen Modificationen, welche die Erſcheinung der Ringe erleiden kann, iſt eine der auffälligſten die, welche ſich oft beim unterſchwefelſaurem

Kalk und bei gewiſſen Proben Apophyllit, beſonders bei denen, welche von Cipit in Tyrol kommen, zeigt. Dieſe Subſtanzen geben ganz anders nuancirte Ringe als die übrigen einaxigen Kryſtalle. Beim Apophyllit z. B. ſind ſie faſt völlig ſchwarz und weiß.

Die farbigen Ringe können auf unzählig viele Arten zum Vorſchein gebracht werden; denn man braucht nur ein polariſirtes Lichtbündel (natürlich vom Lichte des Himmels oder künſtlich durch Zurückwerfung oder Brechung), durch einen Kryſtall von Einer Axe gehen zu laſſen, ſo daß der mittlere Strahl in der Richtung der Axe geht, und endlich es zu beobachten, indem man es nochmals durch Zurückwerfung oder Brechung polariſirt. Der bequemſte Apparat zu dieſer Art von Beobachtungen iſt jedoch der von Herſchel, der in Fig. 63. abgebildet iſt. C und C′ ſind zwei kupferne Röhren von geringer Länge, von denen die eine in der andern ſteckt, ſo daß ſie leicht in ihr gedreht werden kann. T und T′ ſind zwei Turmalinplatten, welche durch die Bewegung der Röhren, an die ſie befeſtigt ſind, mit ihren Axen parallel oder ſenkrecht gegen einander geſtellt werden können. PP′ iſt die kryſtalliſirte Platte, welche ſenkrecht auf die Axe iſt; mittelſt eines kleinen Knopfes B und einer entſprechenden Spalte in der Röhre C kann ſie in ihrer Ebene gedreht werden. VV′ iſt endlich wechſelsweiſe ein mattgeſchliffenes Glas oder eine Linſe mit kurzer Brennweite. Mit dem mattgeſchliffenen Glaſe betrachtet man in T und empfängt die Ringe im Auge, man mag ſich nun des Sonnenlichtes oder des Lichtes der Wolken bedienen; das Glas dient das Licht auszutheilen und der erſte Turmalin es zu polariſiren. Mit der Linſe ſetzt man den Apparat im verdunkelten Zimmer einem Bündel Sonnenlicht aus, welches anfangs in T′ oder ungefähr dort conc.ntrirt iſt, und welches nachher durch die Platte PP′ und den Turmalin T gehend auf einer weißen Tafel das vollſtändige Syſtem der Ringe darſtellt. Wenn man an die Stelle Eines auf die Axe ſenkrechten Plättchens zwei von derſelben Subſtanz oder von verſchiedenen Subſtanzen ſetzt, ſo werden die Erſcheinungen verwickelter und bieten beſondere Erſcheinungen dar, von denen man ſich bei einiger Aufmerkſamkeit Rechenſchaft geben kann. Daſſelbe iſt noch der Fall, wenn eines der Plättchen auf irgend eine Weiſe gegen die Axe geneigt iſt. Man ſieht leicht, wie man mit Hilfe der Ringe dahin gelangen kann, genau die Richtung der Axe bei den einaxigen Kryſtallen zu beſtimmen.

Um die Erſcheinung der farbigen Ringe bei den Kryſtallen mit zwei Axen zu analyſiren, wollen wir zuerſt als Beiſpiel den Salpeter (das ſalpeterſaure Kali) nehmen. Die Kryſtalle dieſer Subſtanz ſind gewöhnlich Prismen mit 6 Flächen, deren auf die Kanten ſenkrechter Schnitt ein regelmäßiges Sechseck bildet. Geſetzt man habe durch geeignete Mittel ein Salpeterplättchen ſenkrecht auf die Länge des Prisma hergeſtellt, von ungefähr 1 oder 2 Millimeter Dicke; ſo liegen die beiden optiſchen Axen dieſes Plättchens in einer Ebene ſenkrecht auf die Oberflächen, und zwar ſymmetriſch gegen die Kryſtalliſationsaxe, gegen welche ſie eine Neigung von ungefähr 3°, alſo gegen einander eine

Neigung von 6° haben. Nachdem dieſes Plättchen zwiſchen die beiden Turmaline, welche in dem Herſchelſchen Apparate kreuzweiſe gegen einander ſtehen, gebracht worden, um ſie direct bei ausgebreitetem Lichte zu betrachten, ſo ſieht man regelmäßig geordnete brillante Farben, wie in Fig. 64. vorgeſtellt iſt. Es iſt ein doppeltes Syſtem von elliptiſchen oder vielmehr ovalen Ringen. Jedes Syſtem hat ſeinen Mittelpunkt, das eine in C, das andere in C′ und ihre Entfernung erſcheint dem Auge unter einem Winkel von 6°. Es finden ſich zwei recht-winkliche ſchwarze Streifen, deren einer durch die Mittelpunkte geht. Bleiben die Turmaline unbewegt, und dreht man das Salpeterplättchen in ſeiner Ebene, ſo ſieht man die ſchwarzen Linien ſich brechen, ſich umgeſtalten und nach einander diejenigen Stellungen einnehmen, welche in Fig. 65., 66. und 67. dargeſtellt ſind. Fig. 65. zeigt, wie die Erſcheinung beim Anfange der Drehung auftritt. Fig. 66. entſpricht einer Drehung um 22° 30′ und Fig. 67. einer Drehung um 45°. Dieſelben Folgen wiederholen ſich in jedem Quadranten. Dieſe Erſchei-nungen können noch bequemer im verdunkelten Zimmer ſtudirt werden, mit Hilfe des Sonnenlichtes. Zu dem Zwecke muß man die Linſe V V′ (Fig. 63.) anbringen, und eine Tafel in gehöriger Entfernung von T′ aufſtellen, um das Bild aufzunehmen. Man kann auf dieſe Weiſe die Linien gleicher Farbenſtufe oder die iſochromatiſchen (v. d. griech. ἴσος gleich, und χρῶμα Farbe) Linien zeichnen, und Herſchel, der zuerſt dieſe Verſuche angeſtellt, hat ſich überzeugt, daß ſie den Geometern die unter dem Namen Lemniscate wohl bekannte Linie bilden. Die verſchiedenen Erſcheinungsarten dieſer Curve ſind in Fig. 68. dargeſtellt. Ihre charakteriſtiſche Eigenthümlichkeit iſt, daß das Product der beiden Abſtände CA und CA′ irgend eines Punktes von den beiden Mittelpunkten für dieſelben Curven conſtant und gleich dem Producte der halben Entfernung der Mittelpunkte von einander mit einer bekannten Größe, welche für jede Curve eine andere iſt. Das doppelte Ringſyſtem wird durch die beiden Axen erzeugt, und der Mittelpunkt jedes Syſtems zeigt die Verlängerung der Axe, um welche er erzeugt wird. Hieraus ergibt ſich ſowohl ein leicht zu entdeckendes charakteriſtiſches Merkmal, nach welchem die zweiaxigen Kryſtalle von den einaxigen zu unterſcheiden ſind, als ein ſicheres Mittel, die abſolute Richtung der Axen und den Winkel, den dieſelben unter einander machen, zu beſtimmen. Man darf nur die Richtung der Schnitte, nach denen man die Plättchen herſtellt, ſo lange verändern, bis ſich die Ringe zeigen, und durch mineralogiſche Kennzeichen kann man ſich eine Menge vergeblicher Verſuche erſparen. Man begreift indeß, daß, wenn die Axen etwas große Winkel unter einander machten, es unmöglich werden würde, zugleich beide Ringſyſteme zur Beobachtung zu bringen. Dieß kommt in der That vor, z. B. beim Glimmer, deſſen beide Axen ebenfalls in einer auf die Plättchen ſenkrechten Ebene liegen. Bei dieſer Subſtanz verändert ſich der Winkel der Axen bei den verſchiedenen Exemplaren von 14° bis 45° und ſelbſt bei den kleinſten Winkeln kann man nur die der einen Axe entſprechenden Ringe auf einmal beobachten. Man kann dann auf folgende Weiſe verfahren.

Nachdem man ein Glimmerplättchen von etwa 1 Millim. Dicke gewählt hat, wird man leicht die beiden rechtwinkligen Schnitte entdecken, in denen das polariſirte Licht durchgeht, ohne ſeine Polariſationsebene zu verändern; der eine dieſer Schnitte iſt der Hauptſchnitt, welcher die beiden Axen enthält. Um ihn zu erkennen, ſetzt man das Plättchen ſenkrecht einem polariſirten Lichtbündel aus, ſo daß die Polariſationsebene einen Winkel von 45° mit den beiden erwähnten Schnitten macht, und in dieſer Stellung neigt man ihn nacheinander um jeden dieſer beiden Schnitte. Bei der Neigung um den einen Schnitt findet ſich eine Stellung, in der die Ringe und der Strich im Mittelpunkte erſcheinen; man weiß dann, daß der Lichtſtrahl nach der Richtung einer der Axen fortgeht. Neigt man hierauf im entgegengeſetzten Sinne, ſo daß derſelbe Schnitt immer in der Einfallsebene liegt, ſo findet man eine Stellung, bei der die Ringe erſcheinen, und welche mithin die Richtung der zweiten Axe anzeigt. Die beiden Ringſyſteme bieten für ſich allein im Glimmer betrachtet denſelben Anblick dar, wie beide zugleich im Salpeter. Wenn für alle Farben des Spectrums die optiſchen Axen genau dieſelbe Richtung behielten, und wenn außerdem die Geſchwindigkeiten den Längen der Undulationen proportional blieben, ſo wäre es leicht, in allen Fällen die Nuancen der Ringe der verſchiedenen Ordnungen zu berechnen. Aber wir haben ſchon geſehen, daß in verſchiedenen Kryſtallen mit Einer Axe die Geſchwindigkeiten nach gewiſſen Geſetzen ſich ändern; eben ſo iſt es bei den Kryſtallen mit zwei Axen, und man beobachtet überdieß die merkwürdige Thatſache: daß in vielen Fällen die verſchieden brechbaren Farben ihre optiſchen Axen in merklich verſchiedenen Richtungen haben. Schneidet man ein Plättchen weinſteinſaures Kali-Natron ungefähr ſenkrecht auf eine der Axen, und ſetzt es hernach einem Streif Sonnenlicht zwiſchen den beiden ſich kreuzenden Turmalinen im Apparat Fig. 63. aus, um es nach und nach mit den verſchiedenen Farben des Spectrums zu beleuchten, ſo ſieht man, wie auf der Tafel die Ringe ihre Stelle verändern, ohne ſich umzugeſtalten; der Mittelpunkt, welcher dem rothen Lichte angehört, iſt merklich verſchieden von demjenigen, welcher dem violetten Lichte entſpricht. Derſelbe Umſtand würde auch für die Ringe der anderen Axe ſtattfinden, und Herſchel, dem man dieſe Entdeckung verdankt, ſcheint durch zahlreiche Verſuche bewieſen zu haben, daß die den verſchiedenen Farben entſprechenden Syſteme von Axen ſämmtlich in derſelben Ebene enthalten ſind. Wenn es daher heißt, ein Kryſtall habe zwei Axen, ſo bedeutet dieß eigentlich, daß er ein Syſtem von 2 Axen für jede einfache Farbe hat, und daß der Winkel dieſes Syſtems mit der Brechbarkeit ſich ändert.

Fresnel hat mit dem Namen **Circularpolariſation** oder kreisförmiger Polariſation ein Phänomen bezeichnet, welches Arago zuerſt beobachtet hat, und zwar in Platten von Bergkryſtall, die ſenkrecht auf die Axe geſchnitten waren. Biot hat dieſe Erſcheinung nachher in Flüſſigkeiten und ſelbſt in Dämpfen beobachtet. Wenn ein Bündel homogenen polariſirten Lichtes ſenkrecht durch eine auf die Axe ſenkrechte Platte Bergkryſtall geht, ſo bleibt es nach der Ausſtrah-

lung noch polariſirt, aber ſeine Polariſationsebene iſt verändert: die Platten von gewiſſen Exemplaren drehen von rechts nach links, und Platten von anderen Exemplaren drehen im Gegentheil von links nach rechts, in Bezug auf die urſprüngliche Polariſationsebene. Der Apparat Fig. 54. iſt ſehr bequem, um dieſe Thatſache durch den Verſuch zu beſtätigen. Man bringt die Bergkryſtallplatte auf einen der Träger E oder E′, ſo daß ſie der polariſirte Strahl ſenkrecht trifft; man läßt auf den Reflector nach und nach alle Farben des Spectrums fallen, und beobachtet das durchgelaſſene Lichtbündel mittelſt des doppelt brechenden Prismas oder des Turmalins, um die Richtung ſeiner Polariſationsebene zu beſtimmen. Indem man auf dieſe Weiſe auf Platten von verſchiedener Dicke operirt, welche von demſelben Exemplare Bergkryſtall genommen ſind, und dann die Verſuche mit Platten von verſchiedenen Exemplaren wiederholt, ſo kommt man zu folgenden Reſultaten: 1) Für alle Platten von demſelben Kryſtall iſt die Drehung der Polariſationsebene der Dicke proportional. Eine Platte kann alſo dick genug ſein, um eine Rotation von Einer oder mehreren Halbkreiſen hervor zu bringen; welches die neue Polariſationsebene zum vollkommenen Zuſammenfallen mit der urſprünglichen Polariſationsebene zurückführen würde. — 2) In derjenigen Quarzvarietät, welche nach Hauy Plagiöder heißt, beſtimmt der Sinn, in welchem die Facetten geneigt ſind, immer die Richtung der Drehung der Polariſationsebene. Dieſe Entdeckung, aus welcher eine neue Verbindung zwiſchen den optiſchen Eigenthümlichkeiten der Kryſtalle und dem Agregationszuſtand ihrer Beſtandtheilchen ſich ergibt, iſt von Herſchel gemacht worden. — 3) Ein Kryſtall mag nun von rechts nach links oder von links nach rechts drehen, immer iſt dieſelbe Dicke mit ziemlich derſelben Drehung verbunden. — 4) Legt man zwei Platten übereinander, welche die Drehung im entgegengeſetzten Sinne bewirken, ſo iſt die Wirkung, welche ſie hervorbringen, ziemlich gleich derjenigen, welche eine einzige Platte hervorbringen würde, welche eine Dicke gleich ihrem Unterſchiede, und im Sinne der dickeren Platte wirkend hervorbringen würde. — 5) Die verſchiedenen Farben des Spectrums erleiden in ihrer Polariſationsebene um ſo größere Drehungen, je brechbarer ſie ſind. Indem Biot zur Grundlage die Rotation nahm, welche durch eine Bergkryſtallplatte von 1 Millim. Dicke hervorgebracht wird, kam er zu folgenden Reſultaten für die verſchiedenen einfachen Farben.

Benennung des einfachen Strahles.	Drehungsbogen in Sexageſimalgraden.		
Aeußerſtes Roth......................	17°	29′	47″
Gränze des Roth und Orange	20	28	47
„ „ Orange und Gelb	22	18	49

Benennung des einfachen Strahles.	Drehungsbogen in Sexageſimalgraden.		
Gränze des Gelb und Grün	25°	40′	31″
„ „ Grün und Blau	30	2	45
„ „ Blau und Indigo	34	34	18
„ „ Indigo und Violet	37	51	58
Aeußerſtes Violet....................	44	4	58

Da alle verſchieden brechbaren Strahlen verſchiedene Polariſationsebenen haben, ſo muß offenbar ein Bündel weißen polariſirten Lichtes, welches auf eine Bergkryſtallplatte fällt, nach ſeinem Ausſtrahlen mehr oder weniger lebhafte Farben darbieten, wenn man es mittelſt des doppelt brechenden Prismas oder mittelſt des Turmalins betrachtet. Die Zuſammenſetzung ſeiner Farbenſtufen wird ſich aus den vorhergehenden Angaben ableiten laſſen. Brewſter hat die Erfahrung gemacht, daß die verſchiedenen Lagen, aus denen gewiſſe Amethyſtexemplare beſtehen, mit entgegengeſetzten Eigenſchaften begabt ſind, und abwechſelnd die Polariſationsebene in dem einem oder in dem anderen Sinne drehen. Hieraus ergibt ſich eine Reihe von Streifen, welche auf unzählige Arten zuſammengeſetzt und verſchlungen ſind, ſobald man ein Bündel weißen polariſirten Lichtes durch eine paſſend geſchnittene Amethyſtplatte gehen läßt.

Unter den feſten Subſtanzen iſt bis jetzt der Quarz der einzige bekannte, welcher die Polariſationsebenen unter den angegebenen Bedingungen dreht; aber Biot und Seebeck haben Flüſſigkeiten und ſogar Gaſe entdeckt, welche dieſe Eigenſchaft haben. Die Flüſſigkeiten, in denen Biot die Phänomene der kreisförmigen Polariſation entdeckt und beobachtet hat, ſind: das Terpentinöl, das Citronenöl (jene dreht von rechts nach links, dieſe von links nach rechts), die Kampferauflöſung in Weingeiſt, der Zuckerſyrup u. a. In allen dieſen Subſtanzen treten genau dieſelben Erſcheinungen auf, wie im Bergkryſtall; ſie unterſcheiden ſich nur durch die Intenſität. In folgender Tabelle ſind die vergleichbaren Reſultate zuſammengeſtellt, welche Biot für dieſelbe Art rothen Lichtes gefunden hat, indem die Platten ſämmtlich durch Rechnung auf 1 Millim. Dicke reducirt ſind.

Von rechts nach links:

Bergkryſtall...	18°	24′	50″
Terpentinöl	0	16	16
„ (andere Art)..	0	15	4
„ (gereinigt)...	0	17	10

Von rechts nach links.

Auflöſung {Kampher künſtl. 1753 / Weingeiſt 17359}	0	1	5.
Lorbeeröl	=	=	=

Von links nach rechts:

Bergkryſtall	18	24	50
Citronöl	0	26	10
Concentr. Zuckerſyrup	0	33	14

Wie es ſcheint bleiben dieſe Verhältniſſe ziemlich dieſelben für die verſchiedenen Farben; ſo daß ein polariſirter weißer Strahl beim Durchgehen durch alle dieſe Subſtanzen beinahe dieſelben Folgen der Farbenſtufen gibt. Der Apparat, deſſen man ſich bei dieſer Art von Unterſuchungen bedient, beſteht in einer metallenen Röhre von hinreichender Länge, welche an beiden Enden mit parallelen Glasplatten verſchloſſen iſt. Dieſe Röhre wird mit der zu prüfenden Flüſſigkeit gefüllt, und dann läßt man nach der Richtung ihrer Axe ein Bündel polariſirten Lichtes durch ſie hindurch gehen, welches man nach ſeiner Ausſtrahlung mittelſt des doppelt brechenden Prismas analyſirt. Wenn man die Reinheit einer dieſer Flüſſigkeiten trübt, indem man ſie mit einer anderen Flüſſigkeit vermiſcht, welche entweder gar keine Wirkſamkeit hat, oder dieſelbe, oder die entgegengeſetzte, ſo iſt die Totalwirkung ſtets gleich der Summe oder der Differenz der einzelnen Wirkungen, welche durch die Beſtandtheilchen jeder einzelnen dieſer Flüſſigkeiten hervorgebracht worden wäre. Dieß Geſetz beſteht noch, wenn die Beſtandtheile chemiſchen Wirkungen unterworfen ſind, und ſogar wenn die Flüſſigkeiten in Dampfform übergehen, wie Biot gezeigt hat, indem er in einer langen Röhre Verſuche über den Dampf von Terpentinöl anſtellte.

Fresnel nimmt an, daß die Lichtvibrationen in dem Sinne der Oberfläche der Wellen ſelbſt vor ſich gehen, ſenkrecht auf die Richtung der Strahlen, und daß ein polariſirtes Bündel dasjenige iſt, für welches dieſe Vibrationen ſtets dieſelbe Richtung haben, indem ſeine Polariſationsebene diejenige iſt, auf welche jene kleinen oscillatoriſchen Bewegungen der Aethertheilchen beſtändig ſenkrecht bleiben; nun aber folgt hieraus, daß, wenn zwei Wellenſyſteme von gleicher Intenſität und welche rechtwinklig polariſirt ſind, (d. h. deren oscillatoriſche Bewegungen ſenkrecht unter einander ſind), in ihrem Gange um eine Viertelundulation differiren, — die zuſammengeſetzte Bewegung, welche ſie jedem Theilchen mittheilen werden, anſtatt wie in jedem der beiden für ſich betrachteten Bündel geradlinig zu ſein, kreisförmig ſein und mit einer gleichmäßigen Geſchwindigkeit vor ſich gehen wird. Die Molécules wer-

den ſich von rechts nach links drehen, wenn das Wellenſyſtem, welches voraus iſt, ſeine Polariſationsebene rechts von derjenigen des Wellenſyſtemes hat, welches um eine Viertelundulationslänge nachſteht; und ſie werden ſich von links nach rechts drehen, wenn jene Ebene links von dieſer iſt, oder wenn (indem die Polariſationsebenen wie vorher angeordnet bleiben) die Differenz der Wege $\frac{3}{4}$ der Undulationslänge beträgt. Wenn die Differenz der Wege anſtatt eine gerade oder ungerade Anzahl von Viertelwellenlängen zu ſein, eine Bruchzahl wäre, ſo würden die Vibrationsbewegungen weder kreisförmig noch geradlinig, ſondern elliptiſch ſein. Man begreift, daß bei dieſer allgemeinen Rotation der Molécules um ihre Gleichgewichtsſtellungen, ſie in demſelben Augenblicke nicht dieſelben Punkte der Umkreiſe, welche ſie beſchreiben, einnehmen, in Betracht der fortſchreitenden Bewegung der Wellen. Um ſich ihre relativen Stellungen vorzuſtellen, muß man annehmen, daß diejenigen, welche ſich auf derſelben geraden dem Strahle parallelen Linie befinden, ſich jetzt auf einer ſehr engen Schraubenlinie befinden, welche um jene gerade Linie als Axe beſchrieben iſt, und deren Gänge um eine Wellenlänge auseinander liegen. Dreht man jetzt dieſe Schraubenlinie gleichförmig um ihre Axe, ſo daß ſie einen Umkreis beſchreibt in derſelben Zeit, in welcher eine Lichtundulation vor ſich geht, und nimmt man überdieß an, daß in jedem unendlich dünnen Schnitte ſenkrecht auf den Strahl, alle Molécules dieſelben Bewegungen ausführen, und dieſelbe gegenſeitige Lage behalten, — ſo wird man eine genaue Vorſtellung von der Art von Vibrationen haben, welche die Circularpolariſation bewirkt. — Ein Syſtem von Wellen, welches geradlinig polariſirt iſt, kann durch zwei andere Syſteme erſetzt werden, welche gegeneinander ſenkrecht polariſirt ſind, und von denen keines dem andern voreilt. Ferner kann jedes von dieſen durch zwei andere in derſelben Ebene polariſirte Strahlen erſetzt werden, deren einer um ein Achtel einer Undulationslänge vorauseilt, während der andere um ein Achtel einer Undulationslänge zurückbleibt, und die mithin um ein Viertel einer Undulationslänge von einander getrennt ſind. So erhält man 4 Wellenſyſteme von gleicher Intenſität, von welchen 2 im rechten Winkel polariſirt um ein Viertel Undulationslänge den beiden andern, die auch im rechten Winkel polariſirt, voraus ſind. Combinirt man dieſe Syſteme jetzt kreuzweiſe, d. h. jeden von den zurückbleibenden mit dem vorauseilenden, welcher rechtwinklig mit ihm polariſirt iſt, ſo wird man genau zwei gleiche Bündel haben, die mit einander übereinſtimmen und kreisförmig polariſirt ſind, das eine von rechts nach links, das andere von links nach rechts. Mithin kann jedes geradlinig polariſirte Lichtbündel von der Intenſität 1, durch zwei andere kreisförmig polariſirte Bündel erſetzt werden, welche mit einander übereinſtimmen, deren jedes eine Intenſität $= \frac{1}{2}$ hat, und von denen das eine von rechts nach links, das andere von links nach rechts dreht. Umgekehrt bringt ein Syſtem von zwei kreisförmig polariſirten Bündeln immer ein geradlinig polariſirtes Bündel hervor in einer einzigen Ebene; aber mit der durch die Theorie angegebenen Bedingung, daß wenn die beiden kreisförmig polariſirten Bündel auf ihrem Wege eine Differenz der Wege erlan=

gen, die Polariſationsebene des geradlinig polariſirten Bündels, welche ſie erſetzen kann, ſich von rechts nach links oder von links nach rechts um einen Winkel drehen muß, der der Differenz der Wege proportional iſt. Die Drehung wird in dem einen oder dem andern Sinne erfolgen, je nachdem das von links nach rechts kreisförmig polariſirte Bündel voraus geeilt oder zurück geblieben iſt. Nach dieſen Bemerkungen iſt es klar: wenn es eine Subſtanz gibt, welche die Eigenthümlichkeit hat, mit verſchiedenen Geſchwindigkeiten die kreisförmig von rechts nach links und von links nach rechts polariſirten Bündel hindurch zu laſſen, ſo wird jeder geradlinig polariſirte Strahl beim Durchgange durch eine ſolche Subſtanz eine Drehungsbewegung in ſeiner Polariſationsebene erleiden. Dieſe Bewegung wird in dem einen oder dem anderen Sinne vor ſich gehen, je nachdem das eine Syſtem verzögert oder beſchleunigt worden iſt; ſie wird proportional der Dicke der Subſtanz ſein; und endlich wird ſie nach gewiſſen Geſetzen von der Undulationslehre des Lichtes abhängen. — Auf dieſe Weiſe erklärt Fresnel die Erſcheinungen der kreisförmigen Polariſation. Es kommt, wie man ſieht, darauf an, zu begreifen, daß ein geradlinig polariſirtes Lichtbündel durch ein Syſtem von zwei in entgegengeſetztem Sinne kreisförmig polariſirten Bündeln erſetzt werden kann, und anzunehmen, daß von dieſen beiden Syſtemen das eine ſchneller als das andere geht, wenn ſie gewiſſe Körper durchdringen. Dieſe zweite Annahme kann völlig hypothetiſch erſcheinen, aber Fresnel hat ſich bemüht ſie auf directe Weiſe aufzuzeigen.

Das Prisma oder der Cylinder ABCD (Fig. 69.) iſt aus drei Prismen von Bergkryſtall zuſammengeſetzt, von denen jedes für ſich gearbeitet iſt, und die nachher ſorgfältig zuſammengefügt ſind. Das in der Mitte ASB hat an der Spitze S einen Winkel von 152°, es iſt von einem Quarzkryſtall genommen, welcher z. B. eine Drehung von rechts nach links bewirkt, und ſeine beiden Seitenflächen AS und SB haben gegen die Axe gleiche Neigung. Die beiden äußeren DAS und CBS ſind von einem Quarzkryſtall genommen, welcher eine Drehung im entgegengeſetzten Sinne bewirkt, alſo von links nach rechts. Ihre Seiten AD und CB ſind genau ſenkrecht gegen die Axe, und ihre Seiten AS und BS ſind paſſend geneigt, ſo daß die optiſchen Axen der drei Prismen in derſelben Richtung liegen. Läßt man jetzt in dieſer Richtung einen polariſirten Strahl hindurch gehen, ſo erkennt man, daß er ſich in zwei theilt, und bei ſeinem Ausſtrahlen zwei divergirende Strahlen gibt. Der Bergkryſtall übt alſo in der Richtung der Axe eine doppelte Brechung aus, und dieſe doppelte Brechung gleicht in nichts derjenigen, welche gewöhnlich im Quarz und in den anderen Kryſtallen vor ſich geht; denn die beiden ausſtrahlenden Bündel geben weder das eine noch das andere irgend eine Spur von Polariſation, wenigſtens gibt jedes von ihnen immer zwei weiße und gleich helle Bilder, wenn man ſie mit dem doppelt brechenden Prisma analiſirt. Dieſe merkwürdige Erſcheinung iſt der directe Beweis, daß die im entgegengeſetzten Sinne kreisförmig polariſirten Bündel ſich nicht mit derſelben Geſchwindigkeit in der Richtung der Axe des Bergkryſtalls fort=

pflanzen, und daß dasjenige von ihnen, welches am ſchnellſten in den beiden äußeren Prismen geht, am langſamſten in dem mittleren Prisma geht. In der That beobachten wir das polariſirte Bündel, welches in AD vorgeſtellt iſt, als zuſammengeſetzt aus zwei im entgegengeſetzten Sinne polariſirten und unter einander zuſammenſtimmenden Bündeln beſtehend. Wenn ſie beim Durchgange durch das Prisma ADS verſchiedene Geſchwindigkeiten annehmen, ſo werden ſie beim Uebergange von ADS nach ASB verſchiedene Brechungen erleiden, und um ſo verſchiedener, je mehr ſie hier die Rollen wechſeln, und der vorher ſchnellere jetzt der langſamere wird und umgekehrt. Nachdem ſie ſchon auf dem ganzen Wege durch ASB und beim Uebergange von dieſem Prisma in das letzte CSB getheilt worden, theilen ſie ſich noch mehr, weil der ſchnellſte wieder der langſamſte wird und umgekehrt. Die beiden ausſtrahlenden Bündel ſind alſo nichts weiter, als die beiden im entgegengeſetzten Sinne polariſirten Bündel, aus denen das einfallende Bündel beſtand, und die durch die ungleiche Geſchwindigkeit getrennt worden ſind, welche ſie in dem entgegengeſetzten Quarzprismen haben annehmen müſſen.

ABCD (Fig. 70.) iſt ein Parallelepipedum von Glas, deſſen ſpitze Winkel ungefähr 54°, und deſſen ſtumpfe Winkel folglich 126° betragen. Ein polariſirtes Lichtbündel, welches ſenkrecht durch die Oberfläche CB eintritt, erleidet zwei völlige Reflexionen in P und in S, ungefähr unter dem Winkel von 54°, und tritt ſenkrecht aus, durch die Oberfläche AD. Wenn die Polariſationsebene dieſes Lichtbündels einen Winkel von 45° mit der Ebene der doppelten Reflexion macht, ſo ſcheint es, als ob nach dem Ausſtrahlen völlige Entpolariſirung ſtattfände, d. h., das mit dem doppelt brechenden Prisma analyſirte Lichtbündel gibt in jeder Richtung zwei weiße und gleich ſtarke Bilder. Die Entpolariſirung iſt jedoch nur ſcheinbar; dieß Bündel iſt nicht in Wahrheit ein natürliches Lichtbündel. Von dieſem unterſcheidet es ſich durch zwei weſentliche Merkmale: 1) Es erhält ſeine Polariſation in Einer Ebene wieder, ſobald man es zwei neuen völligen Reflexionen unter demſelben Winkel unterwirft, in einem zweiten dem erſten ähnlichen Parallelepipedum, welches auch die Richtung der zweiten Reflexionsebene gegen die erſte ſein mag. Wenn die beiden Ebenen zuſammenfallen, ſo fällt die neue Polariſationsebene auch mit der erſten zuſammen. — 2) Beim Durchgange durch die Kryſtallplättchen entwickelt das Lichtbündel Farbenſtufen, welche andere Charaktere haben und anderen Geſetzen unterworfen ſind, als diejenigen, welche durch das natürliche Licht gegeben werden. Das Lichtbündel, um das es ſich hier handelt, iſt kreisförmig polariſirt; es iſt identiſch mit einem der Lichtbündel, welche wir in dem vorhergehenden Verſuche mit dem dreifachen Quarzprisma erhalten haben. Um dieſe Indentität zu beweiſen, darf man nur in dem Glasparallelepipedum die zwei aus dem dreifachen Prisma ausſtrahlenden Bündel der doppelten Reflexion unterwerfen. Jedes von ihnen gibt dann ein polariſirtes Bündel; aber für das eine fällt die Polariſationsebene 45° rechts von der Reflexionsebene,

für das andere 45° links. Dieß zeigt klar, daß ſie im entgegengeſetzten Sinne kreisförmig polariſirt ſind.

Wenn man Glasplatten langſam bis zum Rothwerden erhitzt und hernach in einer recht kalten Luft abkühlt, ſo werden ſie hart und ſpröde. Sie haben dadurch einen neuen Agregationszuſtand erlangt, eine Härtung ähnlich der des Stahls, wie alle ihre phyſiſchen Eigenthümlichkeiten zeigen. Auf eine noch mehr in die Augen fallende Weiſe geht es aber aus ihren optiſchen Eigenthümlichkeiten hervor. Dieſe Platten verhalten ſich wie Kryſtallplatten; ſie färben die durch ſie hindurchgehenden polariſirten Lichtbündel mit lebhafteren Farben. Um dieſe Farben zu beobachten, kann man einfach mit einem Turmalin eine gehärtete Glasplatte betrachten, welche horizontal gelegt iſt, und das Licht der Wolken empfängt. Stellt man ſich unter dem Winkel der vollkommenen Polariſation, ſo bemerkt man auf der zweiten Oberfläche der Platte Kreiſe und farbige Streifen, welche eine Art wunderlicher Symmetrie darbieten. Die Anordnung der Farben ändert ſich, wenn man den Turmalin dreht und eben ſo, wenn man die Platte dreht. Die Erſcheinungen werden hier von den Modificationen hervorgebracht, welche beim Durchgehen durch die Scheibe das Licht erleidet, das auf der zweiten Oberfläche reflectirt und polariſirt worden iſt.

Die Verſuche können auf eine etwas bequemere Weiſe angeordnet werden, wenn man auf einer großen ſchwarzen Spiegelglasplatte das Licht der Wolken oder das einer Lampe, die mit einer matten Kugel umgeben iſt, polariſirt. Hierauf hält man die Glasplatte ſenkrecht gegen das polariſirte Lichtbündel und nahe genug bei die Spiegelplatte, und beobachtet ſie aus einer gewiſſen Entfernung mit dem Turmalin. Verſchafft man ſich eine Sammlung runder, ovaler, viereckiger, dreieckiger, ſechseckiger u. ſ. w. Platten von 1 oder 2 Zoll Breite, bei verſchiedenen Dicken von 1 Linie bis zu 8 oder 10 Lin., ſo kann man auf intereſſante Weiſe die Erſcheinungen beobachten, welche nach dieſen Umſtänden einzeln ſich ändern. Viereckige Platten z. B. geben Erſcheinungen, welche denen in Fig. 71. und 72. analog ſind, nämlich ein ſchwarzes Kreuz in der Mitte, und lebhaft gefärbte Kreiſe in den 4 Winkeln. Die um dieſe Kreiſe gebildeten Ringe verfältigen ſich zuweilen und umgeben das ſchwarze Kreuz wie in Fig. 72. Dreht man die Platte in ihrer Ebene, ſo erhält man Fig. 73. Die runden Platten geben zuweilen dieſelben Erſcheinungen, wie die Plättchen von Kalkſpath ſenkrecht auf die Axe; aber meiſt ſind das ſchwarze Kreuz und die Ringe bis zur Unkenntlichkeit verzerrt. Eine ſechseckige Platte gibt die Fig. 74. eine rectanguläre die Fig. 75. Verbindet man verſchiedene Platten, ſo erhält man complicirtere Wirkungen, in denen nicht immer möglich iſt, ein Auftreten von Symmetrie zu entdecken. — Eine ſehr intereſſante Erfahrung, die man an den gehärteten Platten macht, iſt, daß man von dem Ganzen nicht irgend ein etwas bedeutendes Stück abtrennen kann, ohne daß die Farben des Uebrigbleibenden eine große Veränderung erleiden. Hieraus geht hervor, daß ſich die gehärteten Glasplatten in einem gewiſſen Zuſtande der Spannung ihrer Beſtandtheilchen befinden, welche nicht geändert werden kann, ohne zugleich die

Farbenerſcheinungen zu ändern. Mit ihrem erzwungenen Aggregationszuſtande verlieren die gefärbten Glasplatten ihre Eigenthümlichkeit Farben zu geben, nehmen ſie mit der Härtung aber auch wieder an. Hieraus kann man ſchließen, daß wenn man ſchnell den Aggregationszuſtand eines durchſichtigen Körpers ändern könnte, um ihn ſogleich wieder herzuſtellen, man ihm vorübergehend ähnliche Eigenthümlichkeiten wie den Kryſtallplättchen mittheilen würde. Dieß iſt in der That bei allen Körpern der Fall, bei denen die hervorgebrachte Aenderung unregelmäßig, d. h. ungleich in den verſchiedenen Punkten iſt. Die Flüſſigkeiten und die Gaſe bieten Maſſen dar, in denen man die Gleichhaltigkeit der Aggregation nicht leicht ſtören kann, daher kann man bei dieſen Subſtanzen die hier berührten Eigenthümlichkeiten auch nicht aufzeigen; übrigens aber braucht man nur irgend einen durchſichtigen Körper ungleich zuſammen zu drücken, oder ungleich auszudehnen, um beim polariſirten Lichte Farben zu erhalten. Ein nicht gehärteter und wohl ausgeglühter Glasſtreifen, z. B. von 1 F. Länge, 1 Z. Breite und 1 oder 2 L. Dicke, der in ſeiner Länge gebogen iſt (Fig. 76.), und durch den in ſeiner Breite ein polariſirter Lichtſtrahl geht, erzeugt lebhafte und deutliche Farbenſtreifen. Man bemerkt auch, daß von einer Seite zur andern von der mittleren Lage CC′, welche in ihrem natürlichen Zuſtande bleibt, die Farben in der convexen Seite, wo Ausdehnung ſtattfindet, die entgegengeſetzten Geſetze befolgen, wie die in der concaven Seite, wo Zuſammendrückung ſtattfindet. — Kreuzt man rechtwinklich zwei ähnlich gebogene Streifen, ſo erhält man (nach Brewſter) die in Fig. 77. dargeſtellte Wirkung, die Diagonale DD′ iſt die Linie ohne Polariſation, in deren Richtung die entgegengeſetzten Wirkungen ſich aufheben. Aehnliche Farbenerſcheinungen hat Biot an einem vibrirenden (in zitternde Bewegung geſetzten) Streifen beobachtet. Die mechaniſche Zuſammendrückung bringt ähnliche Wirkungen hervor, wie faſt zu gleicher Zeit Seebeck und Brewſter gezeigt haben, an Glasplatten, die durch einen Schraubſtock zuſammengepreßt wurden, oder an thieriſchen Galerten, welche zwiſchen zwei Glasplatten zuſammengedrückt wurden. Endlich geben auch ungleiche Erwärmung oder Erkältung dieſelben Erſcheinungen. Fig. 78. ſtellt z. B. eine rectanguläre Glasplatte vor, welche auf eine rothglühende Metallſtange gelegt iſt. Obwohl anfangs die Ausdehnung (durch die Wärme) nur an der Seite AB vor ſich geht, ſo erſcheinen die Farben doch auch auf der Seite DC, ohne Zweifel in Folge des Zuſtandes von Zuſammendrückung, in welchen die Beſtandtheilchen in dem Augenblicke übergehen, wo die Seite AB durch die Ausdehnung verlängert wird. Zuweilen iſt die Wärme der Hand hinreichend, eine Glasplatte zur Farbengebung zu beſtimmen. Die Kryſtalle, welche nicht von Natur mit doppelter Strahlenbrechung begabt ſind, verhalten ſich wie das Glas unter dem Einfluß des mechaniſchen Druckes und der Wärmeausdehnung. Die mit doppelter Strahlenbrechung begabten Kryſtalle werden durch dieſelben Einflüſſe ebenfalls modificirt.

Da die Vibrationsbewegungen des polariſirten Lichtes in einer beſtimmten Richtung erfolgen, ſo kann ſich offenbar eine große Anzahl

von Fällen darbieten, in denen ihre Fortpflanzung auf andere Weiſe vor ſich geht, als die des natürlichen Lichtes. Die Kryſtalle bieten in dieſer Beziehung eine große Anzahl von Beiſpielen dar, unter denen wir nur die auffälligſten auswählen wollen. Der Turmalin iſt ein Kryſtall mit Einer Axe doppelter Brechung, wie der Quarz und der Kalkſpath; denn ſtellt man ein Turmalinprisma her, deſſen Kante parallel der Axe iſt, und deſſen brechender Winkel ſehr klein iſt, ſo ſieht man durch dieſes Prisma die Gegenſtände doppelt, und kann leicht das gewöhnliche und das ungewöhnliche Bild unterſcheiden; ſo wie ſich aber das Auge von der Spitze des brechenden Winkels entfernt, ſo daß die durchgelaſſenen Strahlenbündel eine größere Dicke des Kryſtalles durchdringen müſſen, bemerkt man, wie das gewöhnliche Bild nach und nach ſchwächer wird, bis es endlich ganz erliſcht. Der Turmalin hat mithin die Eigenthümlichkeit die Strahlenbündel zu abſorbiren, welche in ſeinem Hauptſchnitte polariſirt ſind, während es die Eigenthümlichkeit behält, die Strahlenbündel hindurch zu laſſen, welche ſenkrecht auf dieſen Schnitt polariſirt ſind, oder die ungewöhnlichen Strahlenbündel. Dieſe bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit iſt beim Studium der Polariſation außerordentlich nützlich, und man begreift jetzt das Princip, auf welchem ſie beruht. Es gibt helle oder leicht gebläute Turmaline, welche den gewöhnlichen Strahl nur dann zu abſorbiren vermögen, wenn ſie eine große Dicke haben, während die braunen Turmaline dieß ſchon bei einer Dicke bewirken, welche oft nur einen Bruchtheil eines Millimeters beträgt. — Der kohlenſaure Baryt gibt in gewiſſen Richtungen zwei Bilder von faſt gleicher Intenſität, während er in anderen Richtungen eines der durch ihn gehenden Lichtbündel faſt ganz abſorbirt. — Der Glimmer in Platten von etwa 1 Lin. Dicke und gegen das durchgehende Lichtbündel paſſend geneigt, läßt nur ein in einem einzigen Sinne polariſirtes Bild durchgehen. Mithin iſt das andere Bild zurückgeworfen oder abſorbirt. — Brewſter hat am Salpeter eine andere intereſſante Beobachtung gemacht. Ein Prisma, welches in eine Nadel Salpeter geſchnitten iſt, zeigt deutlich die beiden Bilder doppelter Brechung; aber wenn man die Flächen des Prisma ein wenig blind macht und darauf zwei parallele Glasſtreifen leimt, ſo wird bald das eine bald das andere Bild verſchwinden, je nach der Beſchaffenheit des Leimes, deſſen man ſich bedient. Der Kopahubalſam bewirkt das Verſchwinden des gewöhnlichen und Eiweiß das des ungewöhnlichen Bildes. Dieß ſtimmt offenbar mit dem Umſtande überein, daß der Balſam einen Brechungsexponenten hat, der dem des gewöhnlichen Bildes beim Salpeter faſt gleich iſt, während der Brechungsexponent des Eiweißes dem des ungewöhnlichen Brechungsexponenten beim Salpeter gleich iſt. Analoge Erſcheinungen bringen andere Kryſtalle hervor. Brewſter hat auch das Farbenſpiel derjenigen Subſtanzen ſtudirt, welche Dichroismus haben, d. h. welche zwei verſchiedene Farben zeigen, je nachdem man ſie in der einen oder in der anderen Richtung betrachtet, und hat gefunden, daß dieſe Farben von der Stellung der optiſchen Axen abhängen. Das von Hauy Dichroit genannte Mineral z. B. iſt blau, wenn man es in der Richtung eines Schnit=

tes parallel mit der Axe betrachtet, und gelbbraun in der Richtung der ſenkrechten Schnitte.

Polarkreiſe der Erde heißen diejenigen dem Aequator parallel um die Erdkugel angenommenen Kreiſe, welche von den Polen der Erde um die Schiefe der Ekliptik (gemeſſen an den Meridianen) abſtehen. Der **nördliche Polarkreis** umgibt den Nordpol, und ſchließt die nördliche kalte Zone ein, während der **ſüdliche Polarkreis** die ſüdliche kalte Zone abgrenzt und den Südpol umgibt. Denkt man ſich die Ebenen, in welchen die Polarkreiſe der Erde liegen, verlängert, bis ſie das Himmelsgewölbe treffen, ſo erhält man an dieſem die Polarkreiſe des Himmels.

Polhöhe eines Ortes heißt die Höhe, in welcher der dieſem Orte nächſte Pol über dem Horizonte deſſelben, liegt. Dieſe Höhe wird an dem über den Ort gehenden Meridiane gemeſſen, indem der Bogen vom Pole bis zum Horizont in Graden u. ſ. w. ausgedrückt wird. Wenn man die Erde als eine vollkommene Kugel betrachtet, ſo iſt die Polhöhe eines Ortes gleich ſeiner **geographiſchen Breite**, (ſ. d. Art.).

Poroſität (v. d. griech. πόρος Loch), heißt die Eigenſchaft der Körper, vermöge welcher ihre Beſtandtheilchen nicht in einem durchaus ununterbrochenen Zuſammenhange ſtehen, ſondern durch größere oder kleinere Zwiſchenräume (**Poren**) unterbrochen werden. Bei einigen Körpern ſind die Poren ſo groß, daß man ſie leicht mit dem unbewaffneten Auge wahrnimmt, bei anderen erſcheinen ſie erſt durch das Mikroſkop und noch andere ſcheinen gänzlich ohne Poren zu ſein, doch hat man auch bei dieſen aus verſchiedenen Erſcheinungen auf das Vorhandenſein von Poren geſchloſſen. Zu den offenbar poröſen Körpern gehören alle feſten vegetabiliſchen und thieriſchen Stoffe, deren Poren von Flüſſigkeiten erfüllt ſind. Wie groß die Anzahl der Poren hier ſei, geht u. a. aus der Bemerkung hervor, daß Phyſiker auf einem Quadratzoll der menſchlichen Haut über 1000 Oeffnungen entdeckt haben. Außer mittelſt der Mikroſkope kann man das Vorhandenſein der Poren noch durch eine Menge von Verſuchen nachweiſen, indem man zeigt, wie die Körper für tropfbare und elaſtiſche Flüſſigkeiten durchdringlich ſind, welches nur von den in ihnen vorhandenen Oeffnungen herkommen kann. Eine große Anzahl der mit der Luftpumpe angeſtellten Verſuche beſtätigt auf dieſe Weiſe die Poroſität der Körper. Die Poren ſind nicht bloß äußerlich, ſondern gehen in das Innere der Körper ſo, daß dieſes eben ſo löcherig wie die Oberfläche iſt. Gewöhnlich ſind die Poren mit Luft oder mit eigenthümlichen Flüſſigkeiten erfüllt, niemals ſind ſie völlig leer, und wenn man daher durch irgend ein Mittel die Poren eines Körpers mit einer beſtimmten Subſtanz gefliſſentlich erfüllt, ſo muß diejenige Subſtanz, welche bis dahin jene Poren erfüllte, entweichen. Diejenigen Körper, welche für Gasarten und tropfbare Flüſſigkeiten undurchdringlich ſind, werden gewöhnlich

als nicht porös bezeichnet, und ſolche Körper ſind die Metalle, die gebrannten Erden (Thon, Porzellan), Glas und überhaupt die meiſten Körper, welche aus einem tropfbarflüſſigen Zuſtande erſtarren, wie Wachs, Harz, Gummi, Leim u. dgl. Die Beſtandtheilchen der Flüſſigkeiten ſcheinen in ununterbrochener Continuität zuſammen zu hängen, ſo daß es hiernach in keiner Flüſſigkeit Poren gäbe. Auch kann man mit dem ſchärfſten Mikroſkope keine Oeffnungen in den Flüſſigkeiten entdecken, und bekanntlich dienen verſchiedene tropfbare Flüſſigkeiten zur Abſperrung luftförmiger Flüſſigkeiten (ſolche, mit denen ſie ſich nicht verbinden), welche ſie folglich nicht durch ſich hindurch laſſen. Dieſer Mangel der Poren hat jedoch keine größere Dichte zur Folge, denn es gibt z. B. viele poröſe Körper, welche ein größeres ſpecif. Gewicht haben, alſo dichter ſind als Waſſer. Merkwürdig iſt die Erſcheinung, daß zuweilen ſehr poröſe Körper für Flüſſigkeiten undurchdringlich erſcheinen, ſo daß alſo das Nichtdurchdringen noch kein hinlängliches Zeugniß vom Mangel der Poroſität ablegt. Der Kork iſt bekanntlich einer der poröſeſten Körper, und doch läßt er (worauf ſeine vielfache Anwendung beruht) Flüſſigkeiten nicht hindurch, und ein weicher zuſammengedrückter ſehr poröſer Kork der in den Hals einer mit Gas gefüllten Flaſche geſteckt iſt, läßt ſogar dieſes nicht durch ſich entweichen. Ohneradtet, wie angezeigt, die Flüſſigkeiten durchaus keine poröſen Zwiſchenräume zeigen, ſo hat man doch, um die Erſcheinungen der Abſorption (ſ. d. Art.) zu erklären, das Vorhandenſein von Poren in Flüſſigkeiten zuweilen angenommen. Beſonders merkwürdig ſind die Fälle, wo zwei Flüſſigkeiten zuſammengegoſſen ein geringeres Volumen einnehmen als die Summe des Volumens, welches jede für ſich vorher einnahm, beträgt. So z. B. wenn man 2 Th. Waſſer mit 1 Th. Weingeiſt vermiſcht, ſo iſt das Volumen beider um 0,05 kleiner als die Summe beider. Nimmt man Poren der Flüſſigkeiten an, ſo wird man ſagen: das Gemiſch habe kleinere Poren als jede der einzelnen Flüſſigkeiten, oder die eine ſei zum Theil in die Poren der andern eingedrungen. Für eine allgemeine Poroſität aller Körper hat man endlich ihre Durchdringlichkeit für die ſogenannten unwägbaren Materien: Wärme, Licht, Elektricität, Magnetismus angeführt, aber mit Unrecht, da noch gar nicht erwieſen iſt, daß die genannten wirkliche materielle Beſchaffenheit haben, und da, wenn z. B. die Poroſität die Urſache der Ausbreitung der Wärme durch alle Körper wäre, nicht wohl abzuſehen iſt, warum nicht aus demſelben Grunde alle Körper für das Licht durchdringlich ſind. Auch aus der Zuſammendrückbarkeit der Körper hat man auf eine allgemeine poröſe Beſchaffenheit derſelben geſchloſſen, doch geht ſchon aus den oben angeführten Verhältniſſen der Flüſſigkeiten gegen ſichtlich ſehr poröſe Körper hervor, daß die Dichte der Körper, welche durch die Zuſammenpreſſung verändert wird, auf einem anderen Grunde beruht, als auf der größeren oder geringeren Poroſität der Materie.

Potaſſium, Kalimetall, Kalium ein leichtes Metall, welches 1807 Davy mit Hilfe der galvaniſchen Elektricität darſtellte,

und damit bewieß, daß die fixen (reinen anorganiſchen) Alkalien (ſ. d. Art.) aus Metall und Sauerſtoff beſtehen, mithin Metalloxyde ſind. Früher hielt man dieſelben, ſo wie die Erden, für einfache unverbrennliche Körper. Durch galvaniſche Elektricität erhält man das Kalium, wenn ein Stückchen ſchwach befeuchtetes Kalihydrat zwiſchen die Pole einer kräftigen Säule gelegt wird. Dann treten am negativen Pole kleine glänzende Kügelchen auf, die ſchnell unter rectificirtes Steinöl gebracht werden müſſen. Das Kalium findet ſich, meiſtens als Oxyd an Säuren gebunden, ſehr häufig in der Natur. Im Mineralreiche tritt es an Salpeterſäure gebunden als Salpeter auf, in mehren Steinen, Feldſpath, Glimmer, u. ſ. w.; auch im Meerwaſſer findet es ſich, im Kochſalz an Chlor gebunden. Namentlich aber kommt es im Pflanzenreiche vor, weniger im Thierreiche an organiſche und anorganiſche Säuren gebunden. Das reine Kalium hat man in neuerer Zeit auch nach mehren minder koſtſpieligen und ergiebigeren Methoden als die Davyſche herſtellen gelernt. Das Kalium iſt ein zinnweißes Metall von ſtarkem Metallglanze, ähnlich dem Queckſilber, und hat ein ſpecif. Gewicht = 0,865, iſt alſo leichter als Waſſer. In gewöhnlicher Temperatur iſt es weich wie Wachs, in der Kälte hart und brüchig, und wird bei 46° R. flüſſig. Bei ſchwacher Rothglühhitze verflüchtigt es ſich in grünen Dämpfen und läßt ſich in verſchloſſenen Gefäßen vollkommen überdeſtilliren. Es iſt ein guter Leiter der Elektricität und der Wärme, und zeigt überhaupt alle Eigenſchaften eines Metalls. Schon aus dem Vorhergehenden geht hervor, daß das Kalium ſehr große Neigung ſich mit Sauerſtoff zu verbinden hat, und es entzieht denſelben den meiſten Körpern ſchon bei gewöhnlicher Temperatur. Wirft man etwas Kalium auf Waſſer, ſo verbrennt es mit farbigem Lichte, indem es darauf hin und herfährt, und endlich mit einer ſchwachen Exploſion verſchwindet. Alle Sauerſtoffſäuren, Oxyde und Salze werden durch Kalium zerlegt, wobei häufig Feuererſcheinungen auftreten, und die Oxyde zuweilen vollſtändig reducirt werden. Bekannt ſind drei Oxydationsſtufen. Das Kaliumſuboxyd iſt eine bläulich graue, ſpröde, leicht ſchmelzbare Maſſe, die begierig in höhere Oxydationsſtufen übergeht. Das Kaliumoxyd, Kali iſt (im waſſerleeren Zuſtande) ein feſter, grauer, ſpröder, ſchwer ſchmelzbarer, feuerbeſtändiger, geruchloſer, ſtark ätzender Körper, der eine große Affinität zum Waſſer hat, und daher daſſelbe begierig aus der Luft anzieht, zerfließt, ſich damit ſtark erhitzt und, je nachdem es in geringerer oder größerer Menge vorhanden, trockenes Hydrat, kryſtalliſirtes Kali oder die wäſſerige Löſung deſſelben bildet. Das trockene Kalihydrat (trockenes Aetzkali, ätzendes Pflanzenlaugenſalz, im geſchmolzenen Zuſtande Aetzſtein), iſt eine harte ſpröde Maſſe, von weißer Farbe, wenn es ganz rein iſt, gewöhnlich aber (verunreinigt) grau, zum Theil etwas röthlich. Sein ſpecif. Gewicht iſt = 1,706; es iſt geruchlos, hat ein faſeriges Gefüge, reagirt am ſtärkſten alkaliſch, iſt ſehr ſtark ätzend, zerſtört faſt alle thieriſchen Theile und löſt ſie auf. In ſchwacher Rothglühhitze ſchmilzt es und in ſtärkerer Hitze verflüchtigt es ſich unzerſetzt in ſcharfen Dämpfen. In gewöhnlicher Tempera-

tur löſt es ſich ſchon in $\frac{1}{2}$ Waſſer, wobei es ſich erhitzt. Dieſe Löſung (flüſſiges wäſſeriges Kali, Meiſterlauge) iſt im concentrirten Zuſtande eine farblos durchſichtige Flüſſigkeit von ölartiger Conſiſtenz, und 1,33 bis 1,60 ſpecif. Gewicht. Aus der Meiſterlauge kryſtalliſirt beim Erkalten das Kali in waſſerhellen vierſeitigen Säulen mit vier Flächen zugeſpitzt, oder in vierſeitigen Tafeln und Octaëdern. Mit Schnee gemengt ſchmelzen dieſe Kryſtalle ſchnell unter ſtarker Kälteerzeugung. Die Kaliſalze ſind farblos und im Waſſer löslich, luftbeſtändig oder zerfließlich. — Das Kaliumhyperoxyd iſt eine pommeranzengelbe Maſſe. — Das ſalpeterſaure Kali, der Salpeter, prismatiſche Salpeter, findet ſich häufig an der Oberfläche der Erde, und wird im Großen in den Salpeterplantagen erzeugt. Der Salpeter kryſtalliſirt in farblos durchſichtigen Kryſtallen, deren Kerngeſtalt die gerade rhombiſche Säule iſt, gewöhnlich in unregelmäßig ſechsſeitigen Säulen, bald mit einer Fläche zugeſchärft, bald mit 4 bis 6 Flächen zugeſpitzt. Er hat ein ſpecif. Gewicht = 1,93, iſt luftbeſtändig, hat einen ſtechend ſalzigen, bitterlich kühlen Geſchmack, ſchmilzt in ſchwacher Rothglühhitze und nimmt beim Erſtarren ein ſtrahliges Gefüge an. Wenn er im geſchmolzenen Zuſtande in kleinen Tropfen auf ein kaltes Blech gebracht wird, ſo entſteht der getäfelte Salpeter, Mineralkryſtall. Wird der Salpeter mit Kohle und anderen verbrennlichen Subſtanzen erhitzt, ſo verpufft er oft durch einen bloßen Schlag unter heftiger Exploſion. Hierauf beruht die Anwendung deſſelben zur Bereitung des Schießpulvers. Er iſt leicht in heißem, etwas ſchwer in kaltem Waſſer löslich, ſo daß 100 Th. Waſſer bei 0° R. 13,3, bei 15° 30, bei 36° 74,6 und in der Siedehitze 236 Th. Salpeter aufnehmen. Die Anwendung des Salpeters iſt ſehr vielfach. Außer in der Medicin, bedient man ſich deſſelben in der Haushaltung und Technik. Man braucht ihn zum Einſalzen des Fleiſches, zum Beitzen in der Färberei u. ſ. w., vorzüglich aber zur Bereitung des Schießpulvers, welches ungefähr aus 6 Th. Salpeter, 1 Th. Kohle und 1 Th. Schwefel beſteht. Beaumés ſchneller Fluß beſteht aus einem Gemenge von 3 Th. Salpeter, 1 Th. Schwefel und 1 Th. feiner getrockneter Sägeſpäne. Legt man von dieſem Fluß in eine Nußſchale und entzündet ihn, ſo verbrennt er raſch mit heller Flamme, und ſchmelzt eine kleine darauf gelegte Silbermünze, ohne die Nußſchale zu entzünden. Ein Gemenge von 3 Th. Salpeter, 2 Th. einfach kohlenſauren Kali und 1 Th. Schwefel, (oder von 2 Th. Salpeter, 2 Th. neutralen kohlenſauren Kali, 1 Th. Schwefel und 6 Th. Kochſalz) giebt das Knallpulver. Wenn man dieß in einem eiſernen Löffel langſam bis zum Schmelzen erhitzt, ſo entſteht ein kleines Flämmchen, und zugleich eine heftige Exploſion. —

Das Chlorkalium (trockene ſalzſaure Kali, hydrochlorinſaures Kali, Digeſtivſalz) kryſtalliſirt in farblos durchſichtigen Würfeln oder (ſcheinbar) quadratiſchen Säulen, ſelten in regelmäßigen Oktaëdern, beim ſchnellen Verdampfen in hohlen vierſeitigen Pyramiden. Es hat ein pecif. Gewicht = 1,836, iſt luftbeſtändig, ſchmeckt ähnlich dem Kochſalz aber ſchärfer, und iſt unter den Zähnen

etwas zähe. Beim Erhitzen verkniſtert es, ſchmilzt leicht in der Rothglühhitze, und verflüchtigt ſich in ſtarker Glühhitze ohne Zerlegung. Es iſt leicht löslich im Waſſer, wobei es ſich in ſalzſaures Kali umwandelt. Nach Gay-Luſſac nehmen bei 0° R. 100 Th. Waſſer, 29,2 Th. Chlorkalium auf, und für jeden höheren Temperaturgrad 0,342 mehr, alſo bei 80° 56,56 Th. Man bedient ſich deſſelben im Großen bei der Alaunbereitung. — Das chlorichtſaure Kali (Chlorkali, Javelliſches Waſſer, kalihaltige Bleichflüſſigkeit) iſt eine farbloſe Flüſſigkeit mit ſchwachem Chlorgeruch, herbalkaliſchem Geſchmack, welche organiſche Farben bleicht, und daher zum Bleichen angewendet wird. Auch zur Zerſtörung übler Gerüche und Anſteckungsſtoffe, ſo wie zum Entfuſeln des Branntweins wird es gebraucht. — Das chlorſaure Kali (oxychlorinſaures Kali, oxyhalogenirtes Kali, überoxydirt ſalzſaures Kali), kryſtalliſirt in weißen perlemutterglänzenden ſchiefen rhombiſchen und ſechsſeitigen Säulchen oder in rhombiſchen Tafeln und Blättchen von 1,989 ſpecif. Gew. Wenn man es im Dunkeln reibt, ſo leuchtet es ſtark. Es hat dem Salpeter ähnlich einen kühlend ſalzigen Geſchmack, iſt luftbeſtändig und ſchmilzt vor dem Glühen. Mit verbrennlichen Körpern verpufft es ſehr leicht, oft durch bloßes Reiben oder Schlagen, bei Berührung mit Vitriolöl oder geringer Erhitzung, zum Theil mit heftiger Exploſion. Wird feuchtes chlorſaures Kali in rauchendes Vitriolöl geworfen, ſo verpraſſelt es heftig unter Blitzen. Es iſt etwas ſchwer in kaltem aber ſehr leicht in heißem Waſſer löslich: 100 Th. Waſſer nehmen bei 0° 3,33, bei 12° R. 6, bei 40° 19 und in der Siedehitze 60 Th. auf. Auf der Entzündlichkeit deſſelben beruht ſeine Anwendung zur Herſtellung der Zündhölzchen bei den ſogenannten chemiſchen Feuerzeugen. Ein Gemenge von 4 Th. chlorſauren Kali und 1 Th. Goldſchwefel oder Zinnober, oder von 4 Th. chlorſauren Kali, 1 Th. Kohle und 1 Th. Schwefel wird mit etwa $\frac{1}{24}$ des Ganzen Tragantpulver und Waſſer zu einem Brei angerieben (oder ſtatt deſſen ein Gemenge von 6 Th. chlorſaur. Kali, 1 Th. Zucker und etwas Zinnober mit Waſſer), und damit das Ende gewöhnlicher Schwefelhölzchen bedeckt. In einem wohlverſchließbaren Fläſchchen hat man feingefaſerten Asbeſt mit rauchendem Vitriolöl benetzt, und wenn man nun ein nach der Angabe bereitetes Zündhölzchen mit dem Vitriolöl in Berührung bringt, ſo entzündet es ſich. Die ſchwarze Miſchung (mit Kohle) dient auch zur Bereitung des Zündpulvers auf die Pfanne der Gewehre, welches ſich durch den Schlag entzündet. Es wird entweder gekörnt oder linſengroße Kügelchen werden nach dem Abtrocknen mit Wachs überzogen. Bei der Anfertigung dieſer Gemenge darf durchaus keine trockne Zuſammenreibung ſtattfinden, indem hierbei heftige und gefährliche Exploſionen ſtattfinden würden. — Das oxydirt chlorſaure Kali (über- hyper- oder oxychlorſaure Kali) kryſtalliſirt in kleinen weißen glänzenden Blättchen, iſt von ſchwach ſalzigem Geſchmacke und luftbeſtändig. Mit verbrennlichen Körpern erhitzt verpufft es nur ſchwach, und iſt im Waſſer ſchwer, im Weingeiſt gar nicht löslich.

Das Bromkalium (Kaliumbromür) kryſtalliſirt in weißen, etwas perlmutterglänzenden durchſcheinenden Würfeln oder in rechtwinklich vierſeitigen Tafeln, zuweilen in Spießen, hat einen ſtarken ſalzigen Geſchmack, iſt luftbeſtändig, verkniſtert in der Hitze und ſchmilzt beim Rothglühen ohne zerſetzt zu werden. Im Waſſer löſt es ſich leicht unter Erkältung und verwandelt ſich dabei in hydrobromſaures Kali. — Das Jodkalium (hydriod- oder hydriodinſaures Kali, Jodwaſſerſtoffkali, Kaliumiodur) kryſtalliſirt in weißen, etwas glänzenden durchſichtigen Würfeln und (ſcheinbar) quadratiſchen Säulen, hat einen ſcharfſalzigen Geſchmack, ſchmilzt in ſchwacher Rothglühhitze und erſtarrt dann beim Erkalten zu einer kryſtalliniſchen perlemutterglänzenden Maſſe. In ſtarker Glühhitze verdampft es unzerſetzt; es iſt luftbeſtändig und zerfließt nur in ſehr feuchter Luft. Es iſt bei gewöhnlicher Temperaturhöhe in $\frac{2}{3}$ Waſſer löslich und verwandelt ſich dabei in hydriodſaures Kali. Auch in Weingeiſt löſt es ſich leicht. — Das hydriodichtſaure Kali iſt eine braune Flüſſigkeit, welche nach Jod riecht und beim Erhitzen, ſo wie nach einiger Zeit in der Luft Jod fahren läßt. — Das jodſaure Kali kryſtalliſirt in kleinen weißen undeutlichen Körnchen, iſt luftbeſtändig, und hat anfangs einen kühlend ſtechendſalzigen, nachher einen anhaltenden, widerlichen, gleichſam metalliſchen Geſchmack. Es verpufft bei der Erhitzung mit verbrennlichen Körpern, löſt ſich bei gewöhnlicher Temperatur in 14 Th. Waſſer und iſt unlöslich in Weingeiſt.

Das Schwefelkalium (Schwefelkali, alkaliniſche Schwefelleber) hat friſchbereitet eine dunkelbraunrothe Farbe, einen ſchwachen Geſchmack nach Hydrothionſäure und einen widerlich bittern, ſcharfalkaliſchen, ſchweflichten Geſchmack. Die Schwefelleber wird an der Luft ſchnell grünlich, nimmt Feuchtigkeit an und zerfließt, löſt ſich leicht im Waſſer und verwandelt ſich dabei in hydrothionichtſaures Kali, und iſt auch in Weingeiſt leicht löslich. Es wird in der Medicin vielfach innerlich und äußerlich (zu Bädern) angewendet. — Das einfach ſchwefelſaure Kali (vitrioliſirter Weinſtein, Doppelſalz) kryſtalliſirt in farblos durchſichtigen geraden rhombiſchen Säulen; die ſtumpfen Seitenkanten ſind öfters abgeſtumpft, wodurch unregelmäßig ſechsſeitige Säulen entſtehen, meiſtens mit 4 Flächen zugeſpitzt; zuweilen in dreiſeitigen und doppelt ſechsſeitigen Pyramiden von 1,73 ſpec. Gewicht. Es ſchmeckt etwas ſcharfſalzig bitterlich, iſt luftbeſtändig und feuerbeſtändig, kniſtert ſchwach in der Hitze und fließt erſt in ſtarker Rothglühhitze. Nach Gay-Luſſac nehmen 100 Th. Waſſer bei 0° R. 8,36, bei jedem weitern Grade über 0° 0,2176 mehr auf. Nach Brandes nehmen 100 Th. Waſſer bei 10° R. 10, bei 25° 14, bei 30° 17, bei 35° 21,2, bei 40° 25, bei 45° 22, bei 55° 22, bei 60° 23, bei 65° 24, bei 70° 25, bei 80° 26 Th. auf. In Weingeiſt iſt es unlöslich. Es wird in der Medicin angewendet. — Das doppelt ſchwefelſaure Kali (ſaures ſchwefelſaures Kali, überſaurer vitriolſaurer Weinſtein, philoſophiſches Goldſalz) kryſtalliſirt in ſchiefen rhomboidiſchen Säulen mit verſchiedenen Zuſchärfungs- oder Abſtufungs- Flächen oder in büſchelförmig vereinigten, zar-

ten, vierſeitigen Prismen. In trockner Luft ſind die Kryſtalle beſtändig. Es hat einen ſauren Geſchmack, iſt leicht ſchmelzbar, fließt in ſchwacher Rothglühhitze wie Waſſer, ohne zerlegt zu werden und erſtarrt beim Erkalten zu einer feſten, weißen, durchſcheinenden Maſſe. An feuchter Luft wittert das Salz gern federartig aus. Es iſt ſehr leicht löslich in Waſſer und bedarf in der Hitze etwa die Hälfte. Die concentrirte heiße Löſung erſtarrt beim Erkalten zu einer ſtrahligen, ſehr leicht efflorescirenden Maſſe. Löſt man 1 Th. dopp. ſchwefelſ. K. in $1\frac{1}{2}$ Th. Waſſer in der Wärme, ſo kryſtalliſirt beim Erkalten ein Theil als einfachſaures Salz heraus.

Das Phosphorkalium iſt eine glanzloſe dunkelbraune Maſſe, welche an der Luft erhitzt, mit heller Flamme zu phosphorſaurem Kali verbrennt. — Das unterphosphorichtſaure Kali iſt eine kryſtalliniſch körnige, leicht zerreibliche Subſtanz von gelblich weißer Farbe, welche ſtechend ſalzig ſchmeckt und beim Erhitzen mit blaſſer Farbe zu phosphorſaurem Kali verbrennt. Es iſt in Weingeiſt und Waſſer leicht löslich und zerfließt ſchnell an der Luft Außer dieſen gibt es noch phosphorichtſaures und phosphorſaures Kali. — Das Arſenikkalium iſt eine kaſtanienbraune Maſſe. — Das arſenichtſaure Kali (Arſenikleber) iſt eine gelbe, klebrige, ekelhaft riechende Verbindung, die im ſehr verdünnten Zuſtande als Fowlers Arſenikſolution mediciniſche Anwendung findet. — Das doppelt arſenikſaure Kali (Macquers arſenikaliſches Mittelſalz) kryſtalliſirt in weißen quadratiſchen Säulen und Nadeln von 2,64 ſpec. Gewicht, ſchmeckt ſalpeterähnlich, röthet im gelöſten Zuſtande Lakmus, iſt luftbeſtändig, löſt ſich in 5 Th. kaltem und mit weniger heißem Waſſer und wirkt giftig.

Kohlenſtoff und Kalium geben Pyrophor oder Luftzünder, welcher ſich bei gewöhnlicher Temperatur entzündet, wenn er mit Luft, beſonders feuchter in Berührung kommt, daher durch Anhauchen (ſ. d. Art. Pyrophor). — Das einfach kohlenſaure Kali (baſiſch kohlenſaures Kali, mildes Kali, luftvolles Pflanzenlaugenſalz, Weinſteinſalz, Pottaſche — in unreinem Zuſtande —) findet ſich vorzüglich in der Aſche der meiſten Pflanzen und iſt eine weiße, feſte, zerreibliche Maſſe von 2,6 ſpec. Gewicht, welche alkaliſch ſchmeckt und riecht, in der Rothglühhitze ſchmilzt, in ſtärkrer Hitze weder flüchtig iſt, noch zerſetzt wird. An der Luft zerfließt es und löſt ſich bei gewöhnlicher Temperatur in ſeinem gleichen Gewichte Waſſer, wobei es bedeutend erwärmt wird. In Weingeiſt iſt es unlöslich. Aus der Löſung kryſtalliſirt waſſerhaltendes einfach kohlenſaures Kali in farblos durchſichtigen, geraden rhombiſchen Säulen mit 4 auf den Seitenflächen aufgeſetzten Flächen zugeſpitzt oder in rhombiſchen Oktaëden und rhomboidalen Blättern, welche ſich in rechten Winkeln kreuzen; an der Luft wird es trübe und zerfließt. Die wäſſrige Löſung iſt unter dem Namen kohlenſaure Kalilöſung officinell. — Das doppelt kohlenſaure Kali (ſäuerliches oder neutrales kohlenſaures Kali) kryſtalliſirt in waſſerhellen, geraden rhomboidiſchen Säulen, die meiſtens an den ſcharfen Kanten abgeſtumpft und mit 2 Flächen zuge-

ſchärft ſind, iſt luftbeſtändig, von milde ſalzigem, faſt gar nicht alkaliſchem Geſchmacke und verändert die Pflanzenfarben nicht. Es löſt ſich bei gewöhnlicher Temperatur in 4 Th. Waſſer, während es in der Kochhitze nur ſein eignes Gewicht Waſſer erfodert. Dabei wird es unter Aufbrauſen in anderthalb kohlenſaures Kali umgewandelt, welches beim Erkalten in Kryſtallen anſchießt. Das doppelt kohlenſaure Kali löſt ſich auch in 1200 Th. kochenden Alkohols. Es wird mediciniſch angewendet. — Kohlenſtoff, Stickſtoff und Kalium ſind verbunden im Cyankalium (Blutlaugenſalz zum Theil). Es kryſtalliſirt in farblos durchſichtigen Würfeln und deren Abänderungen, iſt geruchlos, von ſcharf alkaliſchem, dann widerlich bitterm Geſchmack (nach Blauſäure) und wirkt giftig. Es ſchmilzt in gelinder Rothglühhitze ohne Zerlegung und fließt wie Waſſer, zerlegt ſich aber in ſtarker Glühhitze. Aus der Luft zieht es allmälig Feuchtigkeit an, wird trüb und zerfließt. In Waſſer iſt es leicht löslich, wobei es ſich in blauſaures Kali umwandelt Im Alkohol iſt es nach Maßgabe ſeines Waſſergehaltes löslich. Man benutzt es zur Herſtellung der Blauſäure und im unreinen Zuſtande als Blutlauge zur Bereitung des Berlinerblau.

Mit Kieſelerde geht das Kali leicht auf trocknem und naſſem Wege zuſammen. Bei vorherrſchender Kieſelerde erhält man durch Zuſammenſchmelzung eine farblos durchſichtige, nach dem Erkalten harte, ſpröde, in Waſſer, wäſſrigen Säuren und verdünnten wäſſrigen Säuren unauflösliche Maſſe, Glas. Ein Theil Kieſelerde mit 3 Th. kohlenſaurem Kali geben eine leicht ſchmelzbare, durchſichtige Maſſe, die nach dem Erkalten glasartig iſt, aber aus der Luft Feuchtigkeit anzieht und im Waſſer löslich iſt. Ein anderes im Waſſer lösliches Kieſelerde-Kali, Waſſerglas, erhält man aus 10 Th. einfach kohlenſaurem Kali; 15 Th. Quarz und 1 Th. Kohle, und bedient ſich deſſelben um Holz und andere Gegenſtände damit zu überziehen, wodurch ſie vor dem Verbrennen geſichert werden und als Kitt bei pharmaceutiſchen Arbeiten, wenn in Feuer gearbeitet wird. — Kalium, Alumium und Schwefel (oder Stickſtoff) ſind verbunden im ſchwefelſauren Alaunerde-Kali (oder Ammoniak) oder Alaun. Derſelbe kryſtalliſirt in waſſerhellen regelmäßigen Oktaëden, oft mit abgeſtumpften Ecken und Kanten, zuweilen in Würfeln. Der Römiſche Alaun (welcher aus dem Alaunſtein gewonnen wird) hat ein blaßrothes Anſehen und kommt in kleinen Kryſtallen vor, welche mit einer Eiſenoxydhaltenden Erde gemengt ſind. Der Alaun hat ein ſpec. Gewicht = 1,7, einen herben, ſüß ſäuerlichen Geſchmack und röthet Lakmus. Er beſchlägt langſam an der Luft, fließt in gelinder Hitze in ſeinem Kryſtallwaſſer, welches er nach und nach fahren läßt, wobei er zu einer weißen, lockern, ſchwammigen Subſtanz, gebrannter Alaun, aufſchwillt, der friſch geglüht geſchmacklos und unlöslich in Waſſer iſt, aber durch längeres Liegen an der Luft Geſchmack und Löslichkeit erhält. Der Alaun löſt ſich in 18 Th. kalten und weniger als ſein Gewicht heißen Waſſers. Nach Brandes bedarf 1 Th. Alaun bei 10° R. 13,286 Th. Waſſer, bei 17° 8,2, bei 30° 2,20, bei 40° 2,01, bei 60° 1,09, bei 70° 0,06. In höherer Hitze ſchmilzt er in ſeinem Kryſtalliſationswaſſer. Man gebraucht

den Alaun in der Medicin und Chirurgie, auch namentlich in der Färberei zu Beizen und Lackfarben, bei der Lederbereitung und zu vielen anderen techniſchen und ökonomiſchen Zwecken.

Preſſe, Bramahſche. Das Princip, auf welchem dieſes wichtige Inſtrument beruht, geht am deutlichſten aus der Betrachtung des anatomiſchen Hebers (ſ. Bd. III. S. 30 und dazu Fig. 32.) hervor. Iſt FD verſchloſſen und wird in H Waſſer eingefüllt bis zur Höhe an H, ſo erleidet die Fläche FD einen Druck gleich dem Gewichte einer Waſſerſäule von der Höhe FH oder FK und dem Durchmeſſer FD. Je länger HI wird, deſto größer wird folglich der Druck gegen FD. Statt HI zu verlängern, kann man gegen das Waſſer in ihr aber einen Druck ausüben, welcher dann eben ſo viel gegen FD leiſten wird, wie eine mit ihm gleich mächtig drückende Waſſerſäule, die durch die Verlängerung von HI hergeſtellt werden könnte. Befindet ſich nun in HI oberwärts ein Kolben (Embolus), der mit Hülfe eines Hebels niedergedrückt werden kann, deſſen längerer Arm n mal ſo lang als der kürzere iſt, ſo wird ein an den längeren Hebelarm angebrachtes Gewicht p, n mal ſo ſtark auf den Embolus drücken, als wenn es direct auf ihn wirkte. Nehmen wir den Halbmeſſer von $HI = 1$, den Halbmeſſer von $FD = m$ an, ſo verhalten ſich die Drucke, welche ausgeübt werden in den beiden Cylindern (wie leicht nachzuweiſen, da ſie von gleicher Höhe) wie die Quadrate der Halbmeſſer $= 1 : m^2$, d. h. jedes Pfund in HI drückt mit Gewicht von m^2 Pfund gegen FD. Bei einem Drucke $= np$ in HI iſt mithin der Druck gegen $FD = np \cdot m^2$. Nach dieſem Prinzip conſtruirte Bramah die von ihm erfundene Preſſe, welche weſentliche Abänderungen ſeitdem nicht erfahren und die Barlow wie folgt beſchrieben hat.

Der Hauptheil der Maſchine iſt ein weiter hohler Cylinder (Fig. 79.) AB CD, meiſtens und bei allen vorzüglich großen Preſſen von Gußeiſen, ſonſt auch von Meſſing oder Glockenſpeiſe, welcher genau cylindriſch ausgebohrt und ausgeſchliffen ſein muß. In dieſem bewegt ſich der Embolus EF, welcher bei den kleinern Maſchinen maſſiv iſt, bei den größern aber aus einem hohlen, oben und unten mit einer eingeſchraubten Platte verſehnen Cylinder beſteht, in beiden Fällen aber gleichfalls genau abgedreht und abgeſchliffen ſein muß, um ſich waſſerdicht in dem weiten Cylinder zu bewegen. Auf dem Embolus befindet ſich die verticale maſſive Stange G, die nicht eben gedrängt ſich in einer Oeffnung der Deckelplatte CD bewegt. In den untern Theilen des Embolus iſt die maſſive Stange GH eingeſchraubt, welche durch eine waſſerdichte Liederung in der Bodenplatte AB auf- und abwärts gezogen wird, und zum Heben großer Laſten beſtimmt iſt. Zum untern Theile des großen Cylinders führt der Canal bd, welcher durch ein Kegelventil bei a dem Waſſer den Rückgang verſchließt, und in den kleinen Cylinder mn mündet. Letzterer iſt unten durch das Kegelventil g verſchloſſen, oben aber durch das eingeſchrobene Stück rs, welches mit einer Liederung verſehen iſt, durch welche der maſſive Stab h waſſerdicht ſchließend auf- und abwärts bewegt wird.

Zieht man dieſen vermittelſt eines Hebels in die Höhe, ſo entſteht im kleinen Stiefel ein leerer Raum, das Waſſer dringt durch das mit feinen Löchern zur Abhaltung etwaigen Schmuzes verſehene Gefäß p ein, hebt das Ventil g, und füllt den innern Raum des kleinen Cylinders; drückt man ihn dagegen nieder, ſo ſchließt ſich das Ventil g theils durch ſein eignes Gewicht, theils durch den Druck des gepreßten Waſſers, welches das Ventil a hebt, und durch den Canal bd in den großen Stiefel dringt. Die Schraube c dient dazu, vermittelſt des kleinen Stiftes das Ventil a ſo ſtark zu ſchließen, daß es durch den Druck des Waſſers nicht gehoben werden kann, und iſt nur in denjenigen Fällen nöthig, wenn mit dem kleinen Cylinder mn zwei Canäle, die zu zwei großen Stiefeln führen, verbunden ſind, mit denen man abwechſelnd preßt, ſo daß die eine Preſſe ſtillſteht, wenn die andre gehoben wird. Iſt die Preſſung oder Hebung vermittelſt der Stange HG′ vollendet, ſo wird die Schraube c gelüftet, deren untere koniſche Spitze den Canal f verſchließt, nach deſſen Oeffnung das Waſſer aus dem weiten Cylinder abfließt, worauf der Embolus EF durch ſein eignes Gewicht herabſinkt.

Die hier beſchriebene Conſtruction der hydrauliſchen Preſſe iſt die ältere, Hachette aber bemerkt, daß es bei den für ſtarke Preſſungen beſtimmten kaum möglich ſei, das Hervordringen des Waſſers neben dem Embolus zu verhüten, und er beſchreibt daher folgende Einrichtung derſelben. Statt des Embolus wählt man einen maſſiven Cylinder EF, welcher nur wenig dünner iſt, als die innere Weite des großen Cylinders der Preſſe JJ (Fig. 80.). Letzterer wird bei ee ſo ausgedreht, daß ein etwas erhabener Ring des Metalls ſtehn bleibt. Ueber dieſen wird eine Lederſcheibe gelegt, mit einer runden Oeffnung in der Mitte, durch welche der Preßcylinder gedrängt geht; der (in der Zeichnung punctirte) Raum über derſelben wird mit Werg oder Hanf, die ſtark mit Unſchlitt getränkt ſind, ausgefüllt, und wenn dann die Schraube KK die weiche Maſſe ſtark zuſammenpreßt, ſo drückt das Waſſer dieſe und die Lederſcheibe mit ſolcher Gewalt gegen den Preßcylinder EF, daß kein Tropfen entweicht, ohne eine ſtarke Reibung des glatten Metalls an der fettigen Maſſe zu erzeugen. Es verſteht ſich zugleich von ſelbſt, daß es vortheilhafter iſt, den untern Theil des Deckelſtücks kk nicht mit einer Schraube zu verſehn, weil das Feſtſchrauben deſſelben großen Schwierigkeiten unterliegt, ſondern ſtatt deſſen einen genau paſſenden Cylinder zu wählen, und dieſen vermittelſt einiger Schrauben, welche durch den Ring kk in den gleichfalls mit einem ſtarken Ringe verſehenen großen Cylinder ff herabzudrücken. Der Ring kk endlich wird in der Mitte ausgedreht, die dadurch entſtandene Vertiefung $\alpha\alpha$ mit Oel gefüllt, um den Embolus ſtets fettig zu erhalten, und eine Deckelplatte $\beta\beta$, welche den Cylinder EF genau umſchließt, ſchützt gegen das Hineinfallen heterogener, die Maſchine verderbender Theile.

Mehrfache Abänderungen ſagt Muncke, dieſer allgemeinen Conſtruction bieten ſich von ſelbſt dar, wohin auch die bereits angezeigte gehört, daß mit der Compreſſionspumpe mn zwei Preſſen verbunden

werden. Auf gleiche Weiſe kann man mit dem Hebel, welcher den Cylinder h bewegt, zwei ſolche einander gleiche verbinden, deren einer aufſteigt, wenn der andere niederſinkt, ſo daß man nur die Hälfte der Zeit gebraucht, ohne die Kraftanſtrengung des Arbeiters übermäßig zu erhöhn, die zwar doppelt ſo groß, dafür aber auch während der ganzen Zeit gleichmäßiger vertheilt iſt. Endlich wird zuweilen ein Canal lothrecht auf den durch bd bezeichneten herabgeführt, und oben durch ein hinlänglich beſchwertes Sicherheits-Ventil verſchloſſen, welches ſich öffnet, wenn der Druck ſo ſtark wird, daß er die Wandungen des großen Cylinders zerſprengen könnte; in der Regel aber müſſen dieſe hinlänglich ſtark ſein, und da ohnehin das Zerſpringen keine Gefahr bringt, die Ventile dieſer Art aber nur mit Mühe genau ſchließend darzuſtellen ſind, ſo kann man ſie füglich weglaſſen.

Die äußere Geſtalt dieſer Preſſen iſt folgende: MM′ (Fig. 81.) iſt eine ſtarke eiſerne oder ſteinerne Platte, welche die ganze Maſchine trägt und nur bei den kleinen Preſſen aus einem dicken Stücke Holz gemacht wird. Auf dieſer ruht der Cylinder ABCD, und wenn die Vorrichtung auch zum Ziehen dienen ſoll, ſo geht die Zugſtange durch dieſe Platte hindurch. HH′, KK′, ſind zwei ſehr maſſive und ſtarke, meiſtens vierkantige, in die Bodenplatte unzerſtörbar befeſtigte eiſerne Säulen, zwiſchen denen die Platte FF′ zum Feſthalten des großen Cylinders dient. Am obern Ende dieſer Säulen iſt mit gleicher Stärke die maſſive eiſerne Platte NN′ befeſtigt, die den ganzen Druck der Maſchine auszuhalten hat, und daher durch zwei hinlänglich ſtarke Keile niedergehalten wird. Auf der Mitte der durch den Embolus gehobenen Stange ruht die gleichfalls maſſive eiſerne Platte LL′, welche an der obern Seite ganz eben, an der untern dagegen nach der Mitte hin dicker und noch obendrein mit einem Kreuze verſehen iſt, deſſen Arme nach den Seiten hin dünner werden, in der Mitte aber etwas vertieft ſind, um die dicke runde oder vierkantige Platte aufzunehmen, in welcher die hebende Säule ſteckt. Der kleine Cylinder n ruht gleichsfalls der Feſtigkeit wegen auf der maſſiven Bodenplatte, durch welche ſein unterer Theil hindurch in ein Waſſergefäß geführt iſt, aus welchem die Speiſung der Maſchine geſchieht, und in welches das bereits zur Compreſſion gebrauchte Waſſer wieder abfließt. Die Vorrichtung, mittelſt deren der Embolus oder die ſeine Stelle vertretende Stange auf- und abwärts gedrückt wird, deren Bewegung allezeit genau vertical ſein muß, eben ſo wie die ſonſtigen bereits beſchriebenen Theile der Maſchine ſind an ſich klar.

Die außerordentliche Wirkſamkeit dieſer Preſſen geht aus folgender Angabe Barlows hervor: Iſt der Durchmeſſer des großen Cylinders = 12 Z. und der des kleinen oder des Injectors, etwa 0,25 Z., ſo iſt das Verhältniß der Flächen beider Waſſercylinder = 2304 : 1. Wird dann der Embolus mit einer Kraft von 20 C. wt. niedergedrückt*), ſo hebt ſich der Embolus im großen Cylinder

*) Muncke macht hierbei folgende Anmerkung: Das engl. C. wt. beträgt 112 Pfd. av. du poid Gewicht, und das Pfd. av. du poid nach genau-

mit einer Kraft von 20×2304=46080 c w t. oder 2304 Tonnen. Um die letzteren Größen auf bekanntere Beſtimmungen zu reduciren, wollen wir annehmen, daß auf das Ende des längern Hebelarms der Compreſſionspumpe mit einer Kraft von 50 Pfd. gewirkt werde, was gegen das Ende der Arbeit auf kurze Zeit füglich geſchehen kann, und allerdings als Maximum, daß das Verhältniß der Hebelarme = 1 : 50 ſei, in welchem Falle die in den engern Cylinder herabzupreſſende Stange nur 1 Zoll herabgehe, das Ende des Hebelarms aber 4 Fuß 2 Zoll durchlaufen müßte, ſo erhalten wir den Brutto-Nutzeffect = 5'760000 Pfd., und wenn dieſer zur Auffindung des wirklichen Nutzeffects in dem Verhältniſſe von 32 : 43 zur Berechnung der Hinderniſſe genommen würde, ſo bliebe dennoch die unerwartete Größe von faſt 4'280000 Pfd. Dieſe Preſſen haben wegen ihrer Einfachheit und leichten Anwendbarkeit in der Technik die ausgedehnteſte Anwendung gefunden, und erhalten hier je nach der beſondern Beſtimmung, die ſie erhalten, in der äußerlichen Geſtalt verſchiedene, übrigens unweſentliche Anordnungen.

Preſſe, Realſche oder hydroſtatiſche findet eine vielfache Anwendung in der Chemie. Sie beſteht der Hauptſache nach aus einem hohlen Cylinder, in welchem die auszuziehende Subſtanz im gepulverten Zuſtande zwiſchen zwei ſiebförmig durchlöcherten Platten feſt gepackt enthalten iſt, ſo daß ſie nach keiner Seite hin weichen kann. Wenn der Cylinder an beiden Seiten offen iſt, ſo wird an einem Ende ein Deckel luftdicht aufgepaßt, welcher in der Mitte ein Loch hat, worin eine hohe Röhre ebenfalls luftdicht geſteckt wird. Zwiſchen dem Deckel und der obern ſiebförmigen Platte muß etwas Raum bleiben. Beim Extrahiren wird der Cylinder aufrecht geſtellt, ſo daß ein Gefäß zum Auffammeln der Flüſſigkeit untergeſtellt werden kann. Man

---

eſter Valvirung 453,594 Gramme. Hiernach betragen 20 C. wt. nahe genau 1016 Kilogramme, und wenn man alſo annimmt, daß ein Menſch gegen das Ende der Operation, wo die Compreſſion am ſtärkſten ſein muß, den Hebelarm der kleinen Pumpe mit einer Kraft von 20 Kilogrammen niederdrückt, ſo müßte das Verhältniß der Längen beider Hebelarme 1 : 50 ſein, mithin müßte das Ende des bewegten längeren Armes 4 Fuß 2 Zoll durchlaufen, wenn der Cylinder der kleinen Preſſe 1 Zoll herabgehn, der Cylinder der großen aber $\frac{1}{2304}$ Zoll ſteigen ſollte. Angenommen, daß jedes Niederdrücken und Heben des kleinen Cylinders 4 Secunden Zeit erforderte, ſo würde die Preſſe in 1 Stunde und 8 Minuten nur 1 Zoll hoch ſteigen, und wenn man nach Nicholſon's oben erwähnter Angabe ¼ für Hinderniſſe der Bewegung abrechnet, ſo müßte ein Menſch 1 Stunde 25 Minuten arbeiten, um das preſſende Bret 1 Zoll hoch zu heben, würde dabei aber mit einer Anſtrengung von etwa 40 Pfund eine Kraftäußerung von 4,6 Millionen Pfd. erzeugen. Inzwiſchen dürfte dieſe Leiſtung der Maſchine doch wohl als ein kaum erreichbares Maximum zu betrachten ſein, die im Texte hypothetiſch angenommenen Größen ſtimmen mit Barlow's Angaben ſehr nahe überein.

gießt durch die Röhre, welche nach Belieben enge ſein kann (nur kein Haarröhrchen), Flüſſigkeit auf die Subſtanz, und hält die Röhre ſelbſt beſtändig damit angefüllt Das Löſungsmittel durchdringt die Subſtanz und kommt mit den ausziehbaren Theilen beladen unten hervor. Aus den im vorigen Artickel angeführten hydroſtatiſchen Geſetzen erhellt, daß jede Flüſſigkeitsſäule auf ihre Baſis im Verhältniß ihrer Höhe drücke, ſie mag ſich übrigens von ihrer Baſis aus verengern oder erweitern.

Zum pharmaceutiſchen Gebrauch hat man mehre Veränderungen mit der Realſchen Preſſe vorgenommen, deren Beſchreibung in pharmaceutiſchen und chemiſchen Journalen zerſtreut liegen. Geigers*) Vereinfachung beſteht im Weſentlichen darin, daß anſtatt eines an beiden Enden offenen Cylinders von reinem Zinn, welcher mit einem Deckel verſchloſſen wird, der Cylinder einen mit einem Loch in der Mitte verſehenen Boden hat, welches einen 1 Zoll hohen hohlen Zapfen bildet. Auf dem Boden werden entweder kleine Stückchen Holz gelegt, oder der Cylinder iſt 1″ über dem Boden mit 3—4 hervorſpringenden Zapfen oder einem hervorſtehenden Ring verſehen, auf welchen die ſiebförmig durchlöcherte Platte gelegt wird, auf dieſe legt man einen Wollenlappen, und breitet die auszuziehende Subſtanz gleichförmig, indem man ſie nach Verhältniß feſt eindrückt, darüber. Dann wird wieder ein Lappen und die zweite Platte aufgelegt. Zum Feſthalten dieſer dienen Strebehölzer von verſchiedener Länge, welche entweder unter am Ende des Cylinders hervorſpringende Zapfen, oder unter Querhölzer geſteckt werden, die durch Löcher gehen, welche an einer an dem untern Theil des Cylinders außerhalb angebrachten Wulſt befindlich ſind. Oder man läßt ſich einen zweiten an beiden Enden offenen Cylinder von Weißblech verfertigen, welcher genau in den erſten paßt, aber leicht ein- und ausgeſchoben werden kann. Dieſer hat ſeiner ganzen Länge nach in Abſtänden von ungefähr $\frac{1}{2}$″ an 2 gegenüberſtehenden Seiten immer genau horizontalſtehende Einſchnitte, welche zur beſſern Dauerhaftigkeit des Cylinders abwechſelnd an verſchiedenen Seiten angebracht ſein können. Der äußere Cylinder hat an ſeinem offenen Ende bewegliche Hacken. Man ſetzt alſo den innern, wenn der äußere beſchickt iſt, auf die durchlöcherte Platte, und drückt die Haken in die paſſenden Einſchnitte, wodurch alles feſt gehalten wird. Dieſe Vorrichtung iſt beſonders bei kleinen Maſchinen ſehr bequem und paßt auch für größere. Sonſt kann man ſich für größere auch einen eiſernen Ring verfertigen laſſen, welcher in den Cylinder paßt; in dieſen Ring werden 2 bis 3 ſtarke eiſerne Stangen ſenkrecht in kleinen Abſtänden eingeſchraubt: in einer Länge, die ungefähr $\frac{7}{8}$ der Höhe des Cylinders beträgt, werden ſie nach außen umgebogen, ſo daß die zurücklaufenden äußern Enden mit den innern genau parallel ſtehen, die äußern Enden müſſen wenigſtens ſo lang als der Cylinder ſein. Sie

---

*) Geigers Beſchreibung der Realſchen Auflöſungspreſſe. Heidelberg 1827.

gehen durch an der Wulſt angebrachte Löcher. Ueber der Wulſt befindet ſich ein metallener Ring, welcher ebenfalls Löcher hat, durch welche die Stangen gehen; dieſe Löcher enthalten kleine Schrauben, welche zum Feſtſtellen der Stangen dienen. (Man kann zwar in der Wulſt ſelbſt dieſe Schrauben anbringen, dann darf dieſe aber nicht von Zinn, ſondern ſie muß von Eiſen oder Meſſing ſein. Sie müßte mit dem Cylinder feſt verbunden werden, welches ſo nicht nöthig iſt. Der Ring kan beweglich und leicht gearbeitet ſein.) Alle Theile dieſer Vorrichtung (wenigſtens die in den Cylinder gehenden) müſſen dick mit Zinn belegt (plattirt) ſein. Die Anwendung iſt ſehr einfach: Man ſchiebt die Stangen durch die Löcher der Wulſt und des äußern Ringes, bis der innere Ring feſt auf dem Durchſchlag aufliegt, und ſchraubt ſie feſt. Eine ſehr zweckmäßige Abänderung der Realſchen Preſſe hat Beindorf vorgenommen. Der Cylinder wird in einen Stuhl gepaßt, deſſen Deckel beweglich iſt, ſo daß durch Umdrehen deſſelben die Preſſe gefüllt und mit dem Rohr verbunden werden kann. Der leere Raum des Cylinders wird mit Ringen von Zinn ausgefüllt und der Apparat mit einem Trichter geſchloſſen, der mit Hacken in eine vorſpringende Wulſt paßt.

Aehnliche Maſchinen laſſen ſich von gutem Weißblech, auch Steinzeug oder Holz verfertigen. Die Vorrichtungen zum Feſthalten der ausziehbaren Subſtanz werden dann nach der Beſchaffenheit des Cylinders modificirt.

Der gefüllte, mit dem Boden nach oben gerichtete Cylinder wird auf einen Stuhl geſtellt, der in der Mitte ein Loch hat, in welches derſelbe paßt, und mit ſeiner Wulſt auffliegt. Man ſetzt ein Gefäß zum Auffangen unter. Der Cylinder muß unten offen ſein, man kann einen Trichter unterſtellen, um das Spritzen und Verunreinigen des Auszugs zu verhindern, aber luftdicht darf die innere Oeffnung nicht geſchloſſen werden, ſonſt iſt die Wirkung der Maſchine gehemmt. Den obern leeren Raum füllt man mit der auszuziehenden Flüſſigkeit an, und paßt in die Oeffnung des Bodens eine Röhre; ſie kann von Weißblech, Glas, Holz, oder ein lederner Schlauch u. ſ. w. ſein. Am paſſendſten zum pharmaceutiſchen Gebrauch iſt eine Röhre von Weißblech; ſie braucht nur die Dicke eines kleinen Fingers zu haben, ihre Höhe beträgt 8 bis 12 Fuß; am obern Ende erweitert ſie ſich ungefähr 1′ hoch, trichterförmig ſo, daß das obere Ende 1½″ im Lichten hat. — Gewöhnlich glaubt man, die Säule müſſe weit höher, 30—60 Fuß hoch ſein, welche Höhe aber ihre Anwendung ſehr beſchränkt. — Nach Geigers Erfahrung iſt die angeführte Höhe von 8—12′ zum pharmaceutiſchen Gebrauch hinreichend. Man kann damit ſchnell bis 20 ℔ Pflanzentheile vollſtändig extrahiren. Die Flüſſigkeitsſäule ſoll nur ſo ſtark drücken, das ſie die auszuziehende Subſtanz, welche nach ihrer Natur mehr oder weniger feſt eingedrückt iſt, langſam durchdringt, um mit allen löſlichen Theilen derſelben in Berührung zu kommen, uud ſo, indem immer neue Flüſſigkeit nachdringt, die erſtere nach unten forttreibend, die Faſer nach und nach vollkommen ausgewaſchen wird. Es wirkt auf dieſe Art eine

8′ hohe Säule eben ſo gut als eine 60′ hohe, nur daß letztere die Subſtanz ſchneller durchdringt. Bei allzuheftigen Druck einer ſo hohen Flüſſigkeitsſäule können auch ſelbſt ſtarke Maſchinen mit Gefahr für den Arbeiter zerſprengt werden. — Man durchbohrt einen in die Oeffnung des Bodens paſſenden Korkſtöpſel und ſteckt das untere Ende der Röhre durch. Der Stöpſel wird in heißem Waſſer erweicht, und dann feſt in die Oeffnung des Bodens gedrückt. Ohne weitere Verkittung wird ein guter Stöpſel vollkommen luftdicht ſchließen, und keine Flüſſigkeit durchlaſſen. Neben das obere Ende der Röhre ſtelle man ein Gefäß mit der Ausziehungsflüſſigkeit, ſo daß der Spiegel der Flüſſigkeit etwas niederer als das Ende der Röhre ſteht. Man ſenke jetzt einen Heber in die Flüſſigkeit und in die Röhre, ziehe durch die Röhre mit dem Munde etwas Luft an, indem man mit den Lippen, dem Daumen und Zeigefinger das Eindringen derſelben von außen zu hindern ſtrebt; die Flüſſigkeit wird ſich heben und durch den Heber in die Röhre auslaufen, dieſe wird ſelbſt damit angefüllt, und ſo wirkt die Flüſſigkeit drückend und löſend auf die Subſtanz. Sie durchdringt ſie und kommt, mit extractiven Theilen beladen, anfangs oft von Syrupsdicke vollkommen klar hervor. Man läßt ſo lange Flüſſigkeit durchdringen, bis die vorgeſchriebene Menge durch iſt, oder bis man durch den Geſchmack, Geruch und Farbe der durchlaufenden Flüſſigkeit erkennt, daß alles ausgezogen iſt. Man hat hier nur darauf zu ſehen, daß der Heber immer unter Flüſſigkeit getaucht iſt und alſo von Zeit zu Zeit in das Gefäß nachzufüllen, jedoch ſo, daß der Spiegel immer etwas unter dem Niveau von dem Ende der Röhre iſt, weil ſonſt die Röhre überlaufen würde. Um die Wirkung nach Belieben aufhören zu machen, bringt man einen Hahn an die Röhre, den man ſchließt, oder man verſchließt nach weggenommenem Heber das obere Ende der Röhre. Zum Ablaſſen der Flüſſigkeit kann man an dem Cylinder zur Seite oben, wo der erſte Durchſchlag liegt, einen kleinen ſchief abwärts geneigten hohlen Zapfen anbringen laſſen, welcher mit einem Hahn verſehen iſt, oder mit einem Stöpſel verſchloſſen wird. Man kann ſo alle Flüſſigkeit aus der Röhre und dem Cylinder nach Belieben ablaſſen, und die Subſtanz kann mit verſchiedenen Flüſſigkeiten leicht ausgezogen werden, ohne den Apparat auseinander zu nehmen.

Biegt man den untern Theil der Röhre um, oder bringt man ein gekrümmtes Stück Röhre mit dem Cylinder in luftdichte Verbindung, paßt dieſes an die Röhre und ſtellt ihn umgekehrt, mit dem offenen Ende aufwärts gerichtet, und verfährt übrigens wie eben angezeigt wurde, ſo hat man dieſelbe Wirkung. Die Feſthaltung des zweiten Durchſchlags kann dann noch leichter bewirkt werden, und mittelſt Schrauben u. ſ. w. könnte man die Subſtanz während dem Extrahiren, wenn es nöthig ſein ſollte, ſtärker preſſen. Der Auszug könnte durch an dem Cylinder angebrachte verſchließbare Oeffnungen oder mittelſt eines Hebers abgelaſſen werden. Eine genauere Vorſtellung von den angeführten Inſtrumenten geben die Fig. 82. und 83. Fig. 82. iſt die beſchriebene Realſche Preſſe mit 2 Cylindern; a der

Cylinder zum Beſchicken, b ein hohler Zapfen zum Ablaſſen der Flüſſigkeit, c der hohle Zapfen, welcher die Röhre ff enthält, dd die beiden Durchſchläge, e der 2te Cylinder mit Einſchnitten, in welche die Haken an dem Cylinder a zum Feſtſtellen gepaßt werden. Man kann ſo viel und wenig in derſelben Maſchine ausziehen. g iſt ein Heber, deſſen kürzerer Schenkel in das Gefäß h, das die Extractionsflüſſigkeit enthält, und deſſen längerer Schenkel in die Röhre eingeſenkt wird. Die Flüſſigkeit bringt man durch Anziehen, wie oben angezeigt iſt, zum Laufen. — Fig. 83. iſt die beſchriebene Realſche Preſſe von Beindorf. a der Cylinder mit dem Hahn b, dem Trichter c, der mit ſeinem Haken an den vorſpringenden untern Rand des Cylinders paßt, um alles feſtzuhalten, wenn er beſchickt iſt; ferner der Wulſt d, mit welchem er in den beweglichen Deckel f des Stuhls e feſtgeſtellt wird; g iſt der Theil des Deckels, welcher herausgezogen werden kann, um den Cylinder heraus zu nehmen; h deutet den Drücker an, den man zurückdrückt, um den Deckel umwenden zu können; ii iſt die trichterförmig ſich erweiternde Druckröhre, welche mit einer Schraube in die Mutter des mit dem Cylinder feſt verbundenen Deckels paßt; kkk ſind die zinnernen Durchſchläge, von welchem die 2 untern ſo auf einander paſſen, daß ein Wollenlappen, Fließpapier u. ſ. w. dazwiſchen gelegt werden kann; llll ſind Ringe von Zinn, um den leeren Raum auszufüllen. Der Haken h, zur Seite rechts, dient zum leichtern Einlegen und Herausnehmen der Durchſchläge.

Preſſe, Romershauſenſche Luft-. Dieſe unterſcheidet ſich von der Realſchen Preſſe dadurch, daß ſtatt einer tropfbaren Flüſſigkeitsſäule, der einſeitige Druck der Atmoſphäre angewendet wird, um die Subſtanz mit der anzuwendenden Flüſſigkeit zu extrahiren. Romershauſen läßt den Cylinder oben offen, ſchließt ihn unten, und bringt den untern Raum mit einer Evacuationspumpe (oder Saugpumpe) in Verbindung. Die einfachſten Maſchinen der Art beſtehen aus 2 Cylindern von Zinn oder Weißblech, welche neben einander auf einem ſtarken Bret aufrecht ſtehen. Der eine Cylinder dient zum Beſchicken und Auſſammeln des Extracts. Die obere Hälfte wird auf ähnliche Art wie bei der Realſchen Preſſe mit der auszuziehenden Subſtanz zwiſchen 2 feſtgeſtellte Durchſchläge gefüllt, und die Ausziehungsflüſſigkeit darauf gegoſſen. Der zweite Cylinder enthält die Pumpe in einem oben verſchloſſenen Raume, welcher durch eine an der Seite befindliche mit einem Hahn verſehene Röhre mit dem ebenfalls verſchloſſenen untern Raum des erſten Cylinders in Verbindung ſteht. Man verdünnt die Luft im zweiten Cylinder, die Flüſſigkeit wird, wenn die Communication durch den Hahn hergeſtellt iſt, mit Gewalt durch die Subſtanz dringen, ſie extrahiren, und ſich in dem untern Raum des erſten Cylinders ſammeln, wo ſie, nachdem die Communication mit der äußern Luft wieder hergeſtellt iſt, durch eine unten angebrachte, mit einem Hahn verſehene Abzugsröhre abgelaſſen wird. — Anſtatt den erſten Cylinder mit der auszuziehenden Subſtanz und dem Löſungsmittel zu beſchicken, verſieht auch Romershauſen dieſen Cylinder mit einem Deckel, welcher eine

Oeffnung hat, worin das Gefäß, welches das Pulver u. ſ. w. enthält, mittelſt einer hohlen Schraube feſt aufgeſchraubt wird. — Auch läßt derſelbe die Pumpe außerhalb der Cylinder zwiſchen beiden anbringen. Beim Evacuiren wird anfangs die Luft unter dem Beſchickungs-Cylinder verdünnt, ſpäter wird die Flüſſigkeit ſelbſt aufgeſaugt und entweder durch ein beim Niederdrücken ſich öffnendes Ventil des zweiten Cylinders in denſelben getrieben, oder durch das Kolbenventil beim Aufziehen gehoben und in den zweiten Cylinder durch eine am obern Theile der Pumpe angebrachte, in denſelben ſich öffnende Röhre abgelaſſen. Die zweckmäßigen Abänderungen uud Vervollkommnungen, welche Beindorf mit der Romershauſenſchen Preſſe vornahm ſ. Fig. 84. a iſt das hölzerne Geſtelle, welches den cylindriſchen Behälter b von Zinn enthält, der unten den meſſingenen Hahn c zum Ablaſſen der Flüſſigkeit hat und zur Seite oben eine kleine mit einem meſſingenen Zäpfchen d verſchließbare Oeffnung. Die zinnernen Beſchickungs-Cylinder e e von verſchiedener Größe paſſen mit ihren Schrauben in die am obern Theil des Behälters befindliche Schraubenmutter, ebenſo die Evacuations-Pumpe f, welche noch mit einem Cylinder von Zinn oder Holz umgeben iſt. g g g ſind zinnerne Durchſchläge, wie bei der Realſchen Preſſe. Durch dieſe Vorrichtung ſind die Auszüge von der Pumpe getrennt und können ſo nicht verunreinigt werden. Alle Theile der Maſchine ſchließen luftdicht und ſind leicht zu reinigen. Beim Ablaſſen der Flüſſigkeit muß erſt die kleine Oeffnung d und dann der Hahn geöffnet werden. Dieſe Maſchinen können auch als Filtrirmaſchinen dienen. — Anſtatt die Luft durch Auspumpen zu verdünnen, kann man auch den untern Raum der Maſchine mit Dämpfen erfüllen, welche man erzeugt, indem z. B. etwas Weingeiſt oder Waſſer hineingebracht und dieſes mittelſt einer Weingeiſtflamme erhitzt wird; die Dämpfe treiben durch eine angebrachte Seitenöffnung oder nach oben die Luft aus, und wenn jetzt in den damit verbundenen und beſchickten obern Cylinder die Extractionsflüſſigkeit kommt, ſo dringt dieſe beim Abkühlen des untern Gefäßes, wodurch Verdichtung der Dämpfe und ein luftleerer Raum entſteht, durch die Subſtanz und extrahirt ſie.

Pyrometer (v. d. griech. πῦρ Feuer und μέτρον Maß) ſind Vorrichtungen, um Hitzegrade, welche mittelſt der gewöhnlichen Thermometer nicht mehr gemeſſen werden können, auf eine vergleichbare Weiſe zu beſtimmen. Derartige Werkzeuge beruhen großentheils auf demſelben Prinzipe, auf welchem die Thermometer beruhen, nämlich auf der Ausdehnung der Körper durch die Wärme. Beim Thermometer wird die Wärme bekanntlich nach der Ausdehnung des Queckſilbers gemeſſen; die Thermometer werden ſich mithin nur bis zu dem Hitzpunkte anwenden laſſen, wo das Queckſilber noch tropfbarflüſſig bleibt, vom Siedepunkte des Queckſilbers an, wo dieſes ſich in Dampf umwandelt, müſſen ſie aber nothwendig unbrauchbar werden. Es lag nahe, für hohe Temperaturen andere Metalle in Anwendung zu bringen und in der That hat man derartige Pyrometer (ſ. d. Art. Ausdehnung S. 90 ff.) hergeſtellt. Durch den Umſtand, daß die Metalle

in hohen Hitzegraden ſich nicht regelmäßig ausdehnen (nicht um gleich viel bei jedem höhern Grade), ſind jedoch dieſe Pyrometer ſämmtlich als ungenügend aufgezeigt. Auf der entgegengeſetzten Erſcheinung: der Zuſammenziehung durch die Wärme beruht das

Pyrometer von Wedgwood. Verſchiedene Thonarten haben nämlich in mehr oder weniger hohem Grade eine merkwürdige Eigenthümlichkeit. Wenn man den Thon, nachdem er pulveriſirt, durchgeknetet und bei einer Temperatur von 100° C. getrocknet worden, hohen Temperaturen ausſetzt, ſo bemerkt man, daß er ſich in ſich ſelbſt zurückzieht, und, wie die Temperatur ſich erhebt, ſein Volumen vermindert. Dieſe Zuſammenziehung iſt nicht eine vorübergehende Erſcheinung, ſondern der Thon, welcher ſie erlitten, iſt nicht im Stande in ſeinen früheren Zuſtand und zu ſeinen früheren Ausdehnungen zurückzugehen, und je höher die Temperatur iſt, deſto bedeutender iſt die Zuſammenziehung. Geſetzt, man habe eine große Anzahl kleiner Cylinder, welche ſämmtlich aus derſelben Thonart beſtehen, alle auf dieſelbe Weiſe hergeſtellt und alle genau von derſelben Größe und Form ſind, ſo iſt klar, daß, wenn man jeden von ihnen einer anderen hohen Temperatur ausſetzt, ſie ſich auf verſchiedene Weiſe zuſammenziehen werden und daß man dieſe Cylinder nur zu meſſen wird nöthig haben, um zu erkennen, welcher von ihnen der höchſten und welcher der niedrigſten Temperatur ausgeſetzt war. Auf dieſem Principe beruht Wedgwood's Pyrometer. Um die Thoncylinder, welche der Hitze ausgeſetzt geweſen, bequem meſſen zu können, bringt man ſie in eine Fuge, welche von zwei kupfernen oder meſſingenen Linealen gebildet wird und die gegen einander eine geringe Neigung haben (Fig. 85). Die beiden Lineale und die Platte, auf welcher ſie befeſtigt ſind, heißen das Viſir; man gibt ihnen eine Länge von 609 Millimetern und pflegt ſie in zwei Theile zu zerſchneiden, von denen der eine auf den andern zurückgeſchlagen wird, um den Apparat tragbarer zu machen. Auf die ganze Länge werden 240 Eintheilungen gemacht, welche Grade des Wedgwoodſchen Pyrometers heißen. Jeder der kleinen Cylinder, welche bei 100° C. getrocknet worden, hat eine Größe, welche der größten Entfernung der beiden Lineale, welche die Rinne bilden, entſpricht*). Die Figur 86. und 87. zeigen den Durchſchnitt und den Grundriß eines kleinen Gefäßes von Thon, in welchem man gewöhnlich die kleinen Cylinder erhitzt. Um das Inſtrument zu graduiren und ſeine Angaben mit denen des hunderttheiligen Thermometers zu vergleichen, wäre nöthig, im Voraus die Temperatur zu kennen, welche nöthig iſt, die kleinen Cylinder ſo weit zu verkleinern, daß ſie gewiſſen Eintheilungen entſprechen. Bis jetzt kennt man jedoch noch kein Mittel zu dieſem Reſultate zu gelangen. Nur nach ſehr willkühr-

*) Da nach der Verfertigung nicht alle Cylinder genau auf den Nullpunkt in der Scala paßten, ſo wurden dieſe zwar nicht verworfen, aber mit derjenigen Zahl der Grade bezeichnet, um welche ſie zu groß oder zu klein waren. Auf dem ächten Wedg. Cylinder muß ſich dieſe Zahl finden. Sie wird bei Beobachtungen in Rechnung gebracht.

lichen Hypotheſen hat man ein Verhältniß in dieſer Beziehung angenommen, und wenn man ſagt, daß 1° des Pyrometers von Wedgwood 72° C. gelte, ſo iſt dieſes mehr eine Uebereinkunft, als eine Thatſache. Das Pyrometer von Wedgwood hat ſein Anſehen, zu dem es nur darum kam, weil man eben keine beſſere Vorrichtung der Art hatte, ſehr verloren, nachdem Sauſſure nachgewieſen hat, daß die Thoncylinder keinesweges mit der Gleichartigkeit, wie Wedgwood angenommen hatte, ſich zuſammenzögen, ſondern in gleichen Hitzegraden ungleiche Zuſammenziehungen erführen. Eben ſo hat man auch die Hoffnung aufgegeben, etwa einen andern Stoff zu finden, der an die Stelle der Thoncylinder geſetzt werden könne, und ſich bei größerer Regelmäßigkeit ähnlich wie dieſe verhielte. Die Unvollkommenheit des angeführten Pyrometers ging am beſtimmteſten aus den Prüfungen hervor, die Guyton de Morveau mit ihm vornahm, bei denen er ſich eines von ihm ſelbſt erfundenen Inſtrumentes bediente. Daſſelbe beſteht aus einer Platte von hart gebranntem Thone A Fig. 88. mit einer eingelegten Platinſtange d, 45^{mm} (1 Z. 7,948 Lin.) lang, 5^{mm} (2,216 Lin.) breit und 2^{mm} (0,887 Lin.) dick, welche mit dem einen abgerundeten Ende gegen den Rand des Falzes oder der Vertiefung geſtemmt iſt, in welcher ſie liegt, mit dem andern gegen den kürzern Hebelarm der Platinnadel ab drückt, die in b ihren Drehpunkt hat. Der kürzere Arm dieſer Nadel iſt $2{,}5^{mm}$ (1,108 Lin.), der längere 50^{mm} (1 Z. 10,165 Lin.) lang, alſo findet hierbei das Verhältniß von 1 zu 20 ſtatt oder die Ausdehnung der Platinſtange wird durch die ungleiche Länge der Hebelarme zwanzigfach vermehrt. Auf der Platte F befindet ſich eine Scala und die Spitze der Nadel a iſt mit einem Nonius verſehn, durch welchen Zehntel der Grade abgeleſen werden. Wenn man alſo dieſe Theile der Grade mit der abſoluten Ausdehnung der Stange d vergleicht, ſo erhält man hierdurch den 200ſten Theil derſelben und da nach der Bogentheilung in 400 Grade für einen Radius von 50^{mm} ein Grad 0,78538 Millim. beträgt, wovon 0,078538 Millim. vermittelſt des Nonius abgeleſen werden, ſo beträgt ein ſolcher Theil gegen die vermittelſt des Hebels zwanzigfach vermehrte Länge der Stange d von 45^{mm} Länge $\frac{900}{0{,}078538} = 11459$ oder den 11459ſten Theil des Ganzen. Damit aber die Nadel beim Herausnehmen des Inſtruments aus dem Ofen nicht zurückgeht, ſondern auf dem äußerſten erreichten Punkte ſtehen bleibt, wird ihre Spitze durch die Feder s feſtgehalten.

Unter den vielen Vorſchlägen, die ſonſt noch zu Pyrometern gemacht worden, hebe ich nur noch diejenigen heraus, welche ſich durch Genauigkeit empfehlen. Als beſonders empfehlenswerth wird das Pyrometer von Peterſen geſchildert. Daſſelbe beſteht aus einem hohlen, ungefähr 4 Fuß langen Parallelepipedon von Schmiedeeiſen AB Fig. 89., wovon die äußern Seiten des Querſchnitts etwa 1 und 0,5 Zoll betragen. Ueber dem Boden dieſer Hülle befindet ſich eine, mit zwei ſtarken Schrauben α, α befeſtigte Platte, die zugleich durch die letztern regulirt werden kann. In ihrer Mitte iſt ein nur wenig Zoll langer Cylinder von Platin feſtgelöthet, deſſen anderes Ende vermittelſt

vier Schrauben unverrückbar mit einer eiſernen Stange verbunden iſt, die von d bis zur Vorrichtung e des Zeigers reicht. Daſelbſt wird das Ende der beiden Streben β, β′ durch eine unter dem Rande liegende ſtarke Feder op ſtets angedrückt und in unverrückter Lage erhalten. Am Ende der Eiſenſtange iſt eine feine Stahlfeder angebracht und um denjenigen Stift geſchlungen, an welchem der Zeiger feſtſitzt. An demſelben Stifte iſt ein zweiter Metalldraht befeſtigt, welcher durch eine an der Seite angebrachte Feder n ſtets geſtrafft wird und daher den Zeiger zurückzieht, ſo daß dieſer, nach entgegengeſetzten Seiten hin mit großer Kraft gezogen und mit ſeinem Nonius auf der Scale durch dichtes Aufliegen ſich reibend, ſelbſt bei ſtarken Erſchütterungen nicht ſchlottert. Wird das untere Ende der zu meſſenden Hitze ausgeſetzt, die allezeit auf die ganze Länge der eben aus dieſer Urſache ſo kurzen Platinſtange wirken kann, ſo dehnt ſich ſowohl dieſe, als auch das Eiſen der Hülle aus, die gleichzeitigen unbeſtimmbaren, nach der Länge des der Hitze ausgeſetzten Theils verſchiedenen Ausdehnungen der innern Eiſenſtange und der äußern Hülle ſind als einander gleich ohne Einfluß und es wird letztere deßwegen an ihrem obern Theile bis ungefähr zur Mitte ihrer ganzen Länge mit Eggen (Randſtreifen) von Tuch, als einem ſchlechten Wärmeleiter, umgeben, damit ſie nicht merklich ſchneller als der innere Cylinder erkalte. Weil ſich aber die Platinſtange weniger als das Eiſen ausdehnt, wobei ſich von ſelbſt verſteht, daß beide Metalle nach der Bearbeitung nochmals ausgeglüht werden, um ihre künftige Ausdehnung zu einer ſtets regelmäßigen zu machen, ſo bleibt die Länge des innern Cylinders gegen die der Hülle bei wachſenden Temperaturen zurück und dieſe Differenz wird durch den Zeiger angegeben. Die mit unbewaffneten Augen zwar genügend ſichtbare, mit der Loupe aber ſchärfer abzuleſende Scale iſt von 20° zu 20° C. getheilt, der Nonius gibt 2° C. unmittelbar, durch Schätzung aber 0°,5 C. mit genügender Schärfe; die Empfindlichkeit des Apparats iſt ſo groß, daß die Unterſchiede der Temperaturen in verſchiedenen Zimmern nach etwa 2 bis höchſtens 5 Minuten genau zum Vorſchein kommen, bei wiederholten Verſuchen zwiſchen 10° und 100° C. erreichten aber die Fehler für jeden Beobachter nie völlig 0°,5 C. Eben dieſe Empfindlichkeit muß auch bis zu den höchſten erreichbaren Hitzegraden fortdauern, die ſo weit geſteigert werden können, bis die Form der Metalle ſich ändert oder ihre Verbindungen eine Zerſtörung erleiden.

Eine andere Klaſſe von Pyrometern beruht auf der Ausdehnung, welche die Luft durch die Wärme erfährt, ſchließt ſich daher ſchon mehr dem Thermometer an. Muncke beſchreibt einen von Pouillet hergeſtellten derartigen Apparat wie folgt. Der Haupttheil beſteht aus einem von dickem Platin verfertigten hohlen Körper A Fig. 90., welcher aus zwei Hälften in der Mitte zuſammengelöthet und eben ſo vermittelſt des maſſiven Stücks a mit der Röhre αβ verbunden iſt. Die Löthung geſchieht im ſtärkſten Feuer vermittelſt eines ſehr dünnen, zwiſchen die übereinander geſchobenen Hälften des hohlen Körpers A und eines zwiſchen die eingepaßten Theile dieſes und des maſſiven Stücks a gelegten Goldblattes. Iſt die Löthung einmal geſchehen, ſo werden hierdurch die

geringen Mengen des Goldes mit beiden Flächen des Platins ſo innig verbunden, daß nach Pouillet's Erfahrung dieſe Stellen nicht früher als die übrigen Theile des hohlen Körpers in Fluß kommen. Die Länge der großen Axe des hohlen Körpers beträgt nahe 1,75 Zoll, die der kleinen etwa 1 bis 1,25 Zoll, die Länge der Röhre aber ungefähr 2 Fuß, ihre Dicke gegen 1,5 Linien, der innere Kanal der letztern aber höchſtens 0,15 Linien im Durchmeſſer, ſo daß die darin eingeſchloſſene Luft das Reſultat der Meſſung nicht merklich afficiren kann. Am andern Ende der Röhre befindet ſich gleichfalls ein maſſives Stück b, vermittelſt deſſen dieſelbe auf die graduirte Glasröhre cd ſo geſteckt wird, daß die eingeſchloſſene trockene, atmoſphäriſche Luft nirgends entweichen kann. Die Röhre cd communicirt mit einer andern, gleichfalls graduirten Glasröhre ef, beide aber ſtehen mit einer dritten gh ſo in Verbindung, daß durch den Hahn k Queckſilber aus der letztern in beide fließen kann, um das Niveau in ihnen zu erhöhen; bei einer andern Drehung des Hahns aber wird gh verſchloſſen und bei einer dritten fließt Queckſilber durch die Oeffnung γ aus dem Behälter aus, in welchem die erſten beiden Röhren vereint ſind*). Die drei Röhren ſind auf der Bodenplatte ſo aufgerichtet, daß ſie in den drei Spitzen eines gleichſchenkligen Dreiecks ſtehen und ſind zugleich von einem gläſernen Cylinder umgeben, welcher zur Erhaltung einer gleichmäßigen Temperatur mit Waſſer von unveränderter Wärme gefüllt iſt. Die Länge der Röhren beträgt ungefähr zwei Fuß und die Beobachtung des Queckſilbers in den zwei graduirten geſchieht vermittelſt eines Fernrohrs mit einem genau horizontalen Faden, um das Niveau der Queckſilberſäulen in beiden, die zur Vermeidung ungleicher Capillarität von gleichem Durchmeſſer ſein müſſen, völlig ſcharf zu erhalten. Es ergibt ſich hiernach leicht, auf welche Weiſe pyrometriſche Meſſungen mit dieſem Apparate angeſtellt werden. Sind alle drei Röhren bis zu einer gewiſſen Höhe, in der Regel bis zum Anfange der Scala, mit Queckſilber gefüllt, die eine gh höher als die beiden andern, iſt der Hahn ſo geſtellt, daß kein Queckſilber weder aus der letztern, noch aus dem ganzen Apparate abfließt und hat man den umſchließenden Glascylinder mit Waſſer von der Temperatur der Atmoſphäre gefüllt, ſo wird das Queckſilber in den beiden graduirten Röhren gleich hoch ſtehen. Alsdann ſteckt man das Platinrohr mit der Platinkugel auf und beobachtet, ob der Stand des Queckſilbers in der Röhre cd keine Aenderung, etwa in Folge einiger Erwärmung durch die Hand oder durch eine ſonſtige Urſache, erlitten hat. Iſt dieſes nicht der Fall oder hat man das Gleichgewicht in beiden Röhren durch das Zulaſſen oder Ablaſſen von einigem Queckſilber wieder hergeſtellt, ſo wird die hohle Birne der zu meſſenden Hitze ausgeſetzt, deren Stärke der Ausdehnung der Luft direct proportional iſt. Die ausgedehnte Luft drückt demnach auf das Queckſilber in der Röhre

*) Man überſieht bald, daß der Hahn nur einmal durchbohrt iſt, nämlich in ſeiner Axe vom äußerſten Ende anfangend bis in die Mitte und dann ſeitwärts ausgehend.

cd, macht daſſelbe ſinken und dagegen in ef ſteigen, worauf man ſo lange Queckſilber durch den geöffneten Hahn ausfließen läßt, bis die Höhe deſſelben in beiden Röhren gleich iſt und die Raumvermehrung in cd den höchſten erreichten Hitzegrad nach den vorausgegangenen Beſtimmungen des Werths der Scalentheile angibt. Wenn demnächſt der birnförmige Körper aus dem Feuer genommen und zur anfänglichen Temperatur wieder herabgebracht iſt, vorausgeſetzt, daß der Barometerſtand während des Verſuchs keine Veränderung erlitten habe, ſo zieht ſich die in cd eingeſchloſſene Luft wieder in den abgekühlten Raum zurück, das Queckſilber ſteigt in dieſer Röhre, man läßt aus gh neues zufließen, bis es in beiden graduirten Röhren gleich hoch ſteht und iſt dieſer Stand wieder der anfängliche, ſo gewährt dieſes eine Controle des ganzen Verſuchs.

Noch auf einem andern Prinzipe beruhet diejenige pyrometriſche Einrichtung, welche Macaire Prinſep vorgeſchlagen hat. Als fixe Puncte ihrer Scale gelten die Schmelzpunkte des Silbers, Goldes und Platins; die Zwiſchengrade werden durch die Schmelzpunkte von Legirungen dieſer Metalle, die nach einem beſtimmten Verhältniß derſelben gemacht ſind, gegeben. Da der Schmelzpunkt des Goldes nicht viel höher als der des Silbers iſt, ſo werden blos 10 Zwiſchengrade zwiſchen den Schmelzpuncten beider angenommen, welche Grade ſo beſtimmt ſind, daß die Quantität Goldes in jeder der Zwiſchenlegirungen immer um 10 Procent zunimmt und der Grad 10 ſelbſt dem Schmelzpunkte des reinen Goldes, der Nullpunkt dem Schmelzpunkte des reinen Silbers entſpricht. Zwiſchen dem Schmelzpunkte des reinen Goldes bis zu dem des reinen Platins ſind 100 Grade angenommen, indem ſucceſſiv 1 Procent des letztern Metalls für jede höhere Legirung zugeſetzt wird, ſo daß 100° dem reinen Platin ſelbſt entſpricht. Es iſt allerdings ſehr fraglich und ſelbſt wenig wahrſcheinlich, daß dieſe ſo feſtgeſetzten Grade den wirklichen Temperaturen ſelbſt genau proportional ſind, da die Schmelzbarkeit der Legirungen im allgemeinen nicht die mittlere der in ſie eingehenden Metalle iſt; allein man wird wenigſtens eine genaue Bezeichnung derſelben abſoluten Temperatur dadurch erhalten, indem man jede Temperatur durch die ſtrengflüſſigſte der Legirungen bezeichnet, welche bei dieſer Temperatur noch darin zu ſchmelzen vermag, was für die practiſche Anwendbarkeit hinreicht und es iſt dann noch möglich, durch directe Verſuche die Vergleichung dieſer Grade mit den auf das Luftthermometer bezogenen wirklichen Temperaturgraden zu finden, wie Prinſep ſelbſt für einige dieſer Temperaturen gethan hat. Die Bezeichnungsart, die Prinſep zur Angabe der Grade ſeiner pyrometriſchen Vorrichtung gewählt hat, iſt folgende:

S. 0,3 G. bedeutet eine Legirung aus 0,7 Silber, 0,3 Gold;
G. 0,23 P. eine Legirung aus 0,77 Gold und 0,23 Platin u. ſ. f.

Zur bequemen Anwendung ſeiner pyrometriſchen Vorrichtung hat Prinſep kleine Kapellen, von denen jede in geſonderten Fächern 8 bis 10 auf einander folgende pyrometriſche Legirungen blos von der Größe eines Stecknadelknopfes enthält. Dieſe Kapellen werden der zu beſtimmenden Temperatur ausgeſetzt, und die ſchwerflüſſigſte der Legirungen, die dann ſchmilzt, dient zur Bezeichnung der Temperatur.

Pyrophor (v. d. griech. $\pi\tilde{\upsilon}\varrho$ Feuer und $\varphi\acute{\varepsilon}\varrho\omega$ tragen), Luftzünder iſt eine Kohle haltende Maſſe von feiner lockerer Structur, welche ſich bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft, beſonders an feuchter von ſelbſt entzündet. Man erhält eine ſolche Maſſe, wenn man ein Gemenge von gleichen Theilen Kohle und gebranntem Alaun und (nach Döbereiner) eben ſo viel einfach kohlenſaurem Kali in einem verſchloſſenen Gefäße eine Stunde hindurch im Rothglühen erhält. Nach Gay-Luſſac glüht man ein inniges Gemenge von 2 Th. ſchwefelſaurem Kali und 1. Th. Kohle in einem verſchloſſenen Gefäße. Einen antimonhaltigen Pyrophor erhält man durch Glühen des Brechweinſteins in verſchloſſenen Gefäßen. Desgleichen wird (nach Göbel) durch Glühen des weinſauren Bleis ein Luftzünder hergeſtellt, und auch das nach Gay-Luſſac auf naſſem Wege bereitete Schwefeleiſen ſoll nach Geiger zuweilen pyrophoriſch ſein. Die Entzündung an der Luft (wegen welcher dieſe Subſtanzen in wohlverſchloſſenen Gefäßen aufzubewahren ſind) ſcheint von der poröſen Beſchaffenheit dieſer Subſtanzen abzuhängen.

Q.

Quadrant heißt in der Geometrie der vierte Theil eines Kreiſes, den man erhält, wenn man zwei Durchmeſſer des Kreiſes rechtwinklich auf einander ſtellt. Da jeder ganze Kreis 360 Grade enthält, ſo enthält folglich jeder Quadrant 90 Grade, welche dem Winkel am Mittelpunkt, einem rechten Winkel, entſprechen. Der Quadrant wird als einfaches Inſtrument in der angewandten Mathematik gebraucht, z. B. in der Aſtronomie zum Höhenmeſſen. Es ſei z. B. ACB (Fig. 91.) eine ebene Tafel in der Geſtalt des vierten Theiles eines Kreiſes ausgeſchnitten, ſo daß der Punkt C der Mittelpunkt dieſes Kreiſes und der Winkel bei C $= 90^\circ$ iſt. Die Peripherie dieſes Quadranten ſei in ſeine einzelnen Grade und Theile von Graden abgetheilt und um den Mittelpunkt C laſſe ſich ein Diopter oder ein Fernrohr ſo herumbewegen, daß daſſelbe fortwährend mit der Ebene des Quadranten parallel läuft. Dieſes Inſtrument werde ſo an eine Wand oder an einen Pfeiler befeſtigt, daß die eine ſeiner geradlinigen Seiten genau horizontal, die andere genau ſenkrecht ſtehe; unter dieſen Vorausſetzungen ſteht dann die Ebene des Quadranten ſelbſt ſenkrecht auf der Horizontalebene. Befindet ſich das Fernrohr dann in der Richtung des horizontalen Halbmeſſers C0 und erblickt man bei dieſer Stellung einen Stern S durch, ſo liegt dieſer Stern im Horizonte des Beobachters und hat eine Höhe $= 0$. Muß dagegen das Fernrohr in die Richtung des Halbmeſſers C30 gebracht werden, wenn man durch daſſelbe den Stern S′ ſehen will, ſo iſt $SCS' = AC30 = 30^\circ$ die Höhe des Sternes S′. Die Höhe eines andern Sternes S″ wird ebenſo $SCS'' = 50^\circ$ ſein.

Namentlich zur Beobachtung der Diſtanzen (Abſtände) der Planeten von zwei benachbarten Fixſternen bedienten ſich die Beobachter eines

beweglichen Quadranten mit zwei Fernrohren. Das eine Fernrohr iſt wie bei dem eben erwähnten Inſtrumente in der Ebene des Quadranten um C beweglich, das andere iſt feſt mit dem Quadranten verbunden, ſo nämlich, daß es ſich in der Richtung CA befindet. Ferner muß aber auch der ganze Quadrant ABC um den Punkt C nach allen Seiten beweglich ſein. Dieß geſchieht am einfachſten durch eine ſogenannte Nuß, wie ſie Fig. 92. abgebildet iſt. Auf dem unteren Theile der Säule D, welche den Quadranten trägt, iſt ein metallener Cylinder befeſtigt, der an ſeinem oberſten Ende eine halbe Kugelſchale C trägt. In dieſe Schale paßt eine Kugel a, an welche ein hohler Cylinder ab angegoſſen iſt und in deſſen Höhlung ein innerer Cylinder ab paßt, an deſſen oberſten Ende b das Inſtrument AB oder hier der Quadrant befeſtigt wird. Die Druckſchraube m hält den innern Cylinder in ſeiner äußern Hülle feſt, und die Druckſchraube n befeſtigt die Kugel in ihrer Schale. Wenn man daher die beiden Druckſchrauben m und n öffnet, ſo kann man dem Quadranten irgend eine beliebige auch geneigte Lage gegen den Horizont geben und ihn dann, wenn man die beiden Schrauben anzieht, in dieſer Lage auch befeſtigen. Will man nun mit Hilfe dieſes Inſtruments z. B. die Diſtanz eines Planeten von einem Fixſterne beobachten, deſſen Ort am Himmel bereits bekannt iſt, ſo bringt man zuerſt den Quadranten in die Lage der Ebene, welche durch jene beiden Sterne und durch das Auge des Beobachters geht, und ſtellt ihn ſo, daß der eine Stern durch das feſte Fernrohr geſehen wird. Mittelſt der angezeigten Druckſchrauben wird der Quadrant in dieſer Lage befeſtigt, und das bewegliche Fernrohr bewegt man ſo lange in der Ebene des Quadranten hin und her, bis durch daſſelbe der zweite Stern erſcheint. Durch die Stellung der beiden Fernrohre gegen einander findet man die Diſtanz der beiden Sterne. Da man gewöhnlich nur mit kleinen Diſtanzen zu thun hat, ſo kommt ſelten die ganze Länge des Bogens AB in Anwendung, man kann daher auch ſtatt dieſes Bogens von 90° einen von 60° nehmen, dann hat man einen **Sextanten**, oder einen Bogen von 45°, dann hat man einen **Octanten**. Aus der Anordnung des Inſtrumentes ſieht man auch, wie man die Diſtanzen am beſten erhalten wird, wenn zwei Beobachter zugleich in Thätigkeit ſind, indem der eine durch das eine, der andere durch das andere Fernrohr ſieht. Aus den ſo gefundenen Diſtanzen berechneten nun frühere Aſtronomen die Orte der Planeten am Himmel. Dieſe Beobachtungen ſelbſt aber waren wegen der zwei Beobachter umſtändlich und eben ſo die oft zu wiederholenden Rechnungen. Auch läßt ſich ein kleiner Quadrant nicht ſorgfältig eintheilen, ein großer ſich weder leicht noch ſicher in verſchiedene Lagen bringen. Daher kam man aufden Gedanken, große Quadranten in der Ebene des Meridians feſt aufzuſtellen und an dieſen die Sterne zur Zeit ihrer Culmination (ſ. d. Art.) zu beobachten. Ein derartiges Inſtrument iſt der **Mauerquadrant**. Der Mauerquadrant ABC (Fig. 93.) beſteht aus mehren ſtarken und unter einander feſt verbundenen Stangen und einem ähnlichen Kreisbogen AB von Metall. Dort wo dieſe Stangen an einander gefügt ſind, in den Punkten mmm iſt das ganze Inſtru-

ment durch ſtarke Schrauben an eine, in der Ebene des Meridians errichtete Mauer befeſtigt. Man wird ſich bei dieſen Schrauben leicht eine Vorrichtung denken können, durch welche man das ganze Inſtrument in ſeiner Lage etwas verrücken und dadurch ganz genau in die Ebene des Meridians bringen kann. Ein Bleiloth BC, oben bei C an einer Nadelſpitze befeſtigt, wird an dem unterſten Theile B des eingetheilten Randes BA immer denſelben Punkt bedecken, ſo lange die beiden äußerſten Halbmeſſer CA und CB des Quadranten unverändert dieſelbe Lage gegen den Horizont beibehalten. Schlägt der Faden auf einen andern Punkt, ſo wird man von dieſer Abweichung des Quadranten entweder Rechnung tragen, oder ſie auch, durch dieſelbe Vorrichtung bei den Schrauben m, m.. wieder herſtellen und verbeſſern können. Der Faden dieſes Lothes iſt durch ein ihn umgebendes Gehäuſe vor Luftzug geſchützt, und die zu große Beweglichkeit des Gewichts bei B wird dadurch gehindert, daß man es in einem mit Waſſer gefüllten Gefäße ſchwimmen läßt. Das Fernrohr DE bewegt ſich um den Mittelpunkt o des Quadranten mit der Fläche deſſelben parallel. Bei der Ocularſeite E iſt es mittelſt einer Schraube cd und einer doppelten Metallplatte b mit dem Rande des Inſtruments in Verbindung. Dieſe Platte umfaßt, in der Geſtalt einer Gabel, den Kreisbogen und die beiden Theile derſelben können durch eine eigene Schraube einander genähert werden, wodurch dann das Fernrohr feſt mit dem Kreisbogen AB verbunden wird. Wenn aber dieſe beiden Theile der Platte von einander entfernt werden, ſo läßt ſich das Fernrohr frei um den Mittelpunkt o drehen, und auf einen willkürlichen Punkt des Quadranten ſtellen und daſelbſt mittelſt der erwähnten Schraube bei b ſo befeſtigen, daß man kleine Verrückungen des Fernrohrs noch mittelſt der Schraube cd hervorbringen, und dadurch das Fernrohr genau auf den zu beobachtenden Stern ſtellen kann. Auf der jener Platte b entgegen geſetzten Seite iſt dieſes Fernrohr mit einem kleinen eingetheilten Metallplättchen a oder mit dem Vernier verbunden, der zur genaueren Beſtimmung der auf dem Kreiſe AB angebrachten Theilſtriche dient. — Derartige Inſtrumente ſind in den beſten Sternwarten von den ausgezeichnetſten Mechanikern mit der größten Sorgfalt aufgeſtellt, und mit ihnen ſind die ſorgfältigſten Beobachtungen angeſtellt worden, denen wir einen großen Theil der Fortſchritte der neuern Aſtronomie verdanken.

Queckſilber, Waſſerſilber, Merkur, iſt ein ſchweres, edles, bereits in den älteſten Zeiten bekanntes Metall, welches in der Natur theils gediegen, theils mit Schwefel zu Zinnober verbunden oder auch, wiewohl ſeltener, mit Chlor als Queckſilberhornerz vorkommt. Das Queckſilber hat eine zinnweiße Farbe, ſtarken Metallglanz und iſt bei gewöhnlicher Temperatur tropfbarflüſſig. Wenn man es mit feſten pulverigen Körpern oder mit Fett u. ſ. w. anhaltend reibt, ſo zertheilt es ſich ſehr fein, verliert ſeine flüſſige Beſchaffenheit und verwandelt ſich in ein graues Pulver, entfernt man aber die fremden Theile wieder, ſo nimmt das Queckſilber ſeine frühere Geſtalt wieder an. Jene Operation wird das **Tödten des Queckſilbers** genannt. Es hat ein

ſpecif. Gewicht = 13,5 bis 13,6, gefriert bei 32° R. und kryſtalliſirt in Oktaëdern und Nadeln. Das feſte Queckſilber iſt weich und dehnbar, beſitzt keine Elaſticität und hat ein ſpec. Gewicht = 14,39. An der Luft verdunſtet das Queckſilber ſchon bei gewöhnlicher Temperatur, doch nur ſehr langſam, aber bei 284° R. ſiedet es und deſtillirt in geeigneten Apparaten vollſtändig über. Ob das Queckſilber vollkommen rein*) iſt, erkennt man zunächſt am Glanze ſeiner Oberfläche und an ſeiner Beweglichkeit. Wenn es dickflüſſig, zäh und mit einer grauen Haut bedeckt iſt, ſo wie wenn es beim langſamen Ablaufen aus der trockenen Hand einen grauen Rückſtand läßt, enthält es fremde Metalle. Es darf beim Schütteln mit atmoſphäriſcher Luft in einem trocknen Glaſe kein graues Pulver bilden, Eſſigſäure und kalte Schwefelſäure dürfen ihm nicht etwas Fremdes entziehen, und beim Erhitzen muß es ſich vollkommen verflüchtigen. Auch darf es mit Kalium amalgamirt beim Uebergießen mit Waſſer kein ſchwarzes Pulver abſondern. Das Queckſilber iſt namentlich für den Phyſiker von der größten Wichtigkeit, indem es als weſentlicher Beſtandtheil bei ſehr vielen Inſtrumenten und Apparaten angewendet wird, von denen in den betr. Art. die Rede iſt. Bei gewöhnlicher Temperatur bleibt das völlig reine Queckſilber an der atmoſphäriſchen Luft unverändert, ſo wie ihm jedoch fremde Metalle beigemiſcht ſind, bildet ſich der ſchon erwähnte graue Ueberzug, der ein Gemenge von Queckſilberoxydul und feingetheiltem Queckſilber mit den beigemiſcht geweſenen fremden Metallen im oxydirten Zuſtande iſt. Erhitzt man das Queckſilber unter Luftzutritt bis faſt zum Sieden, ſo zieht es Sauerſtoff, an. Das Queckſilberoxydul iſt ein grauſchwarzes, geſchmackloſes und im Waſſer unlösliches Pulver, welches ſchon am Tageslichte, in der Siedhitze des Waſſers in Queckſilber und Oxyd, bei ſtärkerem Erhitzen in Queckſilber und Sauerſtoff zerſetzt wird. Die Queckſilberoxydulſalze, welche es mit Säuren bildet, ſind farblos oder weiß. Das Queckſilberoxyd, (rothes Queckſilberpräcipitat) bildet ſich beim Erhitzen des Queckſilbers an der Luft bis zum Siedepunkte, ſo wie beim Erhitzen deſſelben mit überſchüſſiger Schwefelſäure oder Salpeterſäure. Daſſelbe iſt ein gelbrothes, glanzloſes Pulver, oder eine ſcharlachrothe, loſe zuſammenhängende, glänzend kryſtalliniſche Maſſe. Es wird beim Erhitzen vorübergehend zinnoberroth, dann dunkel violett und hat ein ſpecif. Gewicht = 11,00. Anfangs iſt es geſchmacklos, entwickelt jedoch ſpäter einen widerlich metalliſchen Geſchmack und wirkt giftig. Es wird durch Licht in Sauerſtoff und Queckſilber zerſetzt, und eben ſo wird es in einer etwas den Siedepunkt des Queckſilbers überſteigenden Hitze in Sauerſtoff und verdampfendes Metall zerlegt. Antimon, Zink und Zinn und andere Metalle entzünden ſich beim Erhitzen mit demſelben. Viele organiſche Stoffe, Zucker, Gummi u. a. desoxydiren es beim Erhitzen mit Waſſer. Er-

---

*) Das im Handel vorkommende iſt nicht immer rein und muß daher, wenn es darauf ankommt, reines Queckſilber zu haben, noch gereinigt werden. Wie dieß geſchieht ſ. im Art. Barometer S. 145.

hitzt man es mit Schwefel, ſo verpufft er heftig, eben ſo mit Phosphor durch den bloßen Schlag. Die Queckſilberoxydſalze, welche es mit Säuren bildet, ſind farblos oder gelb, theils löslich, theils unlöslich im Waſſer und giftig. — Queckſilber und Stickſtoff ſind verbunden im ſalpeterſaurem Queckſilberoxydul und ſalpeterſauren Queckſilberoxyd. Das erſtere kryſtalliſirt entweder (baſiſches) in weißen Oktaëdern oder (neutrales) in vierſeitigen Säulen, iſt von herbem metalliſchen Geſchmack und löſt ſich beim Erwärmen in Waſſer. Mit verbrennlichen Körpern erhitzt, verpufft es. Das ſalpeterſaure Queckſilberoxyd kryſtalliſirt in durchſichtigen vierſeitigen Säulen und Nadeln, ſchmeckt ſcharf metalliſch und iſt ſehr giftig. Es iſt leicht löslich in Waſſer und Salpeterſäure. Wenn man Queckſilberoxyd mit wäßrigem Ammoniak digerirt, ſo erhält man Prouſts Knallqueckſilber, eine feſte, gelbe, in der Hitze verpuffende Verbindung. Das baſiſch ſalpeterſaure Queckſilberoxydul-Ammoniak (Hahnemanns auflösliches Queckſilber) iſt ein ſammetſchwarzes zartes Pulver, welches geſchmacklos und unlöslich in Waſſer iſt. — Queckſilber und Chlor vereinigen ſich zu einfach und doppelt Chlorqueckſilber. Jenes (Halbchlorqueckſilber, verſüßtes Queckſilber, Queckſilberchlorür, ſalzſaures Queckſilberoxydul) kommt natürlich in quadratiſchen Oktaëdern kryſtalliſirt vor. Das durch Sublimation erhaltene iſt eine zuſammenhängende, ſtrahlig kryſtalliniſche, weiße durchſcheinende, glänzende Maſſe. Bisweilen erhält man farblos durchſichtige, diamant-glänzende Kryſtalle von 1 bis 2″ Länge und 1 bis $1\frac{1}{2}$″ Dicke, welche geſchoben vierſeitige Säulen ſind, mit vier ungleichen Flächen zugeſpitzt. Durch Präcipitation erhält man ein zartes weißes, wenig gelbliches Pulver. Durch Drücken mit einem harten Körper und Ritzen des derben Sublimats, wird es ſchwefelgelb. Es hat ein ſpecif. Gewicht = 7,176, iſt geſchmacklos, unlöslich im kalten Weingeiſt und kalten Waſſer, etwas löslich im heißen Waſſer und heißen Weingeiſt und in der Hitze flüchtig. Am Lichte färbt es ſich dunkel. Das doppelt Chlorqueckſilber (einfach Chlorqueckſilber, Queckſilberchlorid, ſalzſaures Queckſilberoxyd, ätzender Sublimat, Chlorqueckſilberſäure) kryſtalliſirt aus ſeiner Löſung in weißen, durchſichtigen, vierſeitigen, mit 2 Flächen zugeſpitzten Säulen. Durch Sublimation erhält man eine weiße, durchſcheinende, leicht zerreibliche Maſſe von faſeriger Textur. Es hat ein ſpecif. Gewicht = 5,14 bis 5,42, einen ſcharfen und widerlich metalliſchen Geſchmack, iſt ſehr giftig. Als Gegengifte wirken Eiweiß und Weizenkleber. Es ſchmilzt in der Hitze und verflüchtigt ſich endlich. 18 Th. kaltes und 2 Th. kochendes Waſſer löſen es, noch leichter Weingeiſt und Aether. Das gefällte baſiſche ſalzſaure Queckſilberoxyd-Ammoniak (weißes Queckſilber-Präcipitat, chlorwaſſerſtoffſaures Ammoniak-Queckſilberoxyd, baſiſches Ammoniumqueckſilberchlorid) iſt ein weißes Pulver von widerlich ſcharf metalliſchem Geſchmack und giftig, in Waſſer wenig, in Weineſſig gar nicht löslich, in der Hitze flüchtig. — Das einfache Bromqueckſilber (Halbbromqueckſilber, Queckſilber-

bromür) beſteht in weißen faſerigen Kryſtallen oder einem weißen wenig geblichen flockigen zarten Pulver, welches geſchmacklos, in Waſſer und Weingeiſt unlöslich, in ſchwacher Rothglühhitze flüchtig iſt. Das doppelt Bromqueckſilber (Queckſilberbromid, einfach Bromqueckſilber, Bromqueckſilberſäure) kryſtalliſirt in ſilberweißen, dünnen glänzenden Blättchen oder plattgedrückten vierſeitigen Säulen, ſchmeckt widerlich ſcharf metalliſch und wirkt giftig. In der Hitze iſt es ſchmelzbar und flüchtig, in Waſſer ſchwer löslich; leichter in Weingeiſt und Aether. — Das einfach Jodqueckſilber (Queckſilberiodür, Halbiodqueckſilber) iſt ein grünlichgelbes Pulver, das beim Erhitzen vorübergehend roth wird, ein ſpecif. Gew. = 7,75 hat, in Waſſer und Weingeiſt unlöslich, ſchmelzbar und flüchtig iſt. Das doppelt Jodqueckſilber (Queckſilberiodid, einfach Jodqueckſilber, Jodqueckſilberſäure) iſt ein ſchön ſcharlachrothes Pulver von 6,32 ſpecif. Gew., welches leicht ſchmelzbar iſt und dabei gelb wird. Es iſt unlöslich im Waſſer, löslich in Weingeiſt, in der Hitze flüchtig und bildet bei der Sublimation ſchwefelgelbe rhombiſche Tafeln, welche beim Zerreiben wieder ſchön ſcharlachroth werden. — Das einfache Schwefelqueckſilber (Halbſchwefelqueckſilber) iſt ein ſchwarzes geſchmackloſes, leicht in Queckſilber und Zinnober zerlegbares Pulver. Das ſchwarze doppelt Schwefelqueckſilber zum Theil mit überſchüſſigem Schwefel (ſchwarzes einfach Schwefelqueckſilber, mineraliſcher Mohr) iſt ein ſchwarzes gewichtiges, geſchmackloſes, im Waſſer unlösliches Pulver, welches ſich beim Erhitzen und Sublimiren in Zinnober umwandelt. An der Luft erhitzt, verbrennt der mineraliſche Mohr mit blauer Flamme. Das rothe doppelt Schwefelqueckſilber (einfach Schwefelqueckſilber, Zinnober, war ſchon bei den Alten unter dem Namen Minium bekannt) iſt eine innigere Verbindung als das ſchwarze Schwefelqueckſilber. Der natürliche Zinnober findet ſich kryſtalliſirt in zum Theil durchſcheinenden choneniſlrothen Rhomboëdern und deren Abänderungen. Der künſtliche ſublimirte iſt eine dunkel cochenillrothe oder hellbraunrothe, ſtrahlig kryſtalliniſche Maſſe und nimmt durch Zerreiben eine lebhaft ſcharlachrothe Farbe an. Der ſchönſte kommt aus China und unter dem Namen Vermillon aus Holland. Auch der auf naſſem Wege bereitete Zinnober hat eine ſchöne hochrothe Farbe. Die Farbe wird beim Erhitzen vorübergehend dunkler. Er hat ein ſpecif. Gew. = 8,124, iſt geſchmack- und geruchlos, in Waſſer, Weingeiſt, wäſſerigen Säuren und Alkalien unlöslich, in der Hitze flüchtig. Weder das ſchwarze noch das rothe Schwefelqueckſilber ſoll giftig ſein. Das neutrale ſchwefelſaure Queckſilberoxyd (Queckſilbervitriol) iſt eine weiße Salzmaſſe von ſcharfem ätzenden metalliſchen Geſchmack, die in heißem Waſſer in ſaures und baſiſches Salz zerfällt. Dieſes baſiſch ſchwefelſ. Queckſilberoxyd (Mineral-Turphit) iſt ein citronengelbes Pulver, welches anfangs geſchmacklos iſt, dann aber einen widerlichen metalliſchen Geſchmack entwickelt. Es wird am Lichte grau und löſt ſich nur in 2000 Th. kalten und 600 Th. kochenden Waſſers. — Das phosphorſaure Queckſilberoxydul und Oxyd

ſind beide weiße aus zarten Spießchen beſtehende Pulver, die im Waſſer faſt unlöslich ſind. Das Oxydul iſt beinah geſchmacklos, das Oxyd dagegen hat einen widerlichen Metallgeſchmack. — Eben ſo gibt es ein kohlenſaures Queckſilberoxydul, ein weißes oder graugelbes Pulver und ein kohlenſ. Queckſilberoxyd, ein gelb oder braunrothes Pulver. Wichtiger iſt das doppelt Cyanqueckſilber (einfach Cyanqueckſilber oder Queckſilbercyanid, blauſaures Queckſilberoxyd). Es bildet weiße, an den Kanten durchſcheinende oder durchſichtige, glänzende, rechtwinkelig vierſeitige Säulen, welche ſchräg abgeſtumpft oder mit 2 ungleichen, auf den Seitenkanten aufſitzenden, oder mit 4 Flächen zugeſpitzt ſind, auch regelmäßige ſechsſeitige Säulen mit 6 Flächen zugeſchärft, iſt luftbeſtändig, hat einen widerlich metalliſchen, lange anhaltenden Geſchmack, welcher zugleich dem der Blauſäure ähnlich iſt, und iſt bei gewöhnlicher Temperatur in 8 Th. Waſſer löslich, ſo wie in Weingeiſt. Das knallſaure Queckſilberoxyd, (Howards Knallqueckſilber) beſteht in weißen, ſeidenglänzenden, zart anzufühlenden, ſüßlich metalliſch ſchmeckenden Nadeln, die in kaltem Waſſer wenig, beſſer in heißem löslich ſind. Daſſelbe verpufft heftig durch Erhitzen, Druck, Stoß u. ſ. w. Man bedient ſich daher deſſelben zu Bereitung der Zündhütchen für Percuſſionsgewehre. — Mit vielen Metallen verbindet ſich das Queckſilber und gibt Verquickungen oder Amalgame (ſ. d. Art.).

Quelle, Quell, Brunnen heißt jeder Ort wo Waſſer aus dem Innern der Erde vortritt. Man unterſcheidet ſüße und mineraliſche Quellen oder Sauerquellen. Jene ſind ſolche, deren Waſſer keine mineraliſchen Beſtandtheile beigemiſcht enthält, welches nur höchſt ſelten vorkommt, oder deren mineraliſche Beſtandtheile ſo unbedeutend ſind, daß ſie durch Geruch und Geſchmack nicht deutlich unterſchieden werden können. Seltner als die ſüßen ſind die mineraliſchen Quellen, welche eine bei weitem größere Quantität mineraliſcher Beſtandtheile enthalten; von ihnen ſoll ſogleich noch beſonders die Rede ſein. Die natürlichen Quellen ſind in ſehr großer Anzahl über die Erdoberfläche verbreitet, und erzeugen die Flüſſe, Ströme, Seen, Sümpfe u. ſ. f. Ein Theil tritt aus der Erde unmittelbar an die atmoſphäriſche Luft, und ein anderer wie es ſcheint weit beträchtlicher Theil kommt unter der Oberfläche des Waſſers hervor. Das Daſein ſolcher Quellen ſchließt man nicht allein aus der ſtarken Vermehrung des Waſſers in den größeren Waſſeranſammlungen, ſondern auch aus der Beobachtung, daß an Stellen wo in Fluß- oder Seebetten Quellen vorhanden ſind, im Winter die Eisdecke ſich gar nicht oder doch erſt ſpät ſchließt. Auf eine beſonders merkwürdige Weiſe verrathen ſich Quellen ſüßen Waſſers im Meere und in Seen. Das ſüße Waſſer iſt bekanntlich leichter als das ſalzige, und Schiffe die noch von dieſem getragen werden können, würden ſich auf ſüßem Waſſer nicht ſchwimmend erhalten. Spallanzani entdeckte in dem ſalzigen See bei Spezzia eine ſo ſtarke Quelle ſüßen Waſſers, daß ſich kein Boot über derſelben halten konnte. Er ließ ſein Boot feſtbinden und fand nun die Quelle in

38,5 F. Tiefe auf. Nach ſeiner Meinung entſtand dieſe Quelle durch einen in der Nähe verſiegenden Bach. Einige Seen verrathen das Vorhandenſein unterirdiſcher Quellen dadurch, daß aus ihnen bisweilen größere Quantitäten Waſſers jährlich ausſtrömen, als in ſie hineinfließen. Quellen von Süßwaſſer im Meere hat man bei Cuba, ferner bei der Mündung des Rio Lagartos in der Gegend des Cap Catoche entdeckt. Beſonders merkwürdig iſt eine ſüße Quelle mitten im Meere 125 engl. Meilen von Chittagong und 100 Meilen von Sunderbunds. Auch im perſiſchen Meerbuſen bei der kleinen Inſel Arad bemerkt man zur Zeit der Ebbe gegen 30 Quellen ſüßen Waſſers in der Tiefe des Meeres. Das ſüße Waſſer aus dieſen Quellen fangen die Araber auf, indem ſie lederne Schläuche mit der Oeffnung über die Mündung ſolch einer Quelle halten. Die Quellen laſſen ſich in zu Tage gehende und unterirdiſche eintheilen. Zu den erſtern gehören auch die in Waſſeranſammlungen, ſo wie die in Höhlen mündenden und zu den letzteren alle diejenigen, welche erſt durch künſtliche Mittel zu Tage gefördert werden, beim Graben von Brunnen und Anlegung der Schachte in Bergwerken. Unterirdiſche Quellen finden ſich faſt überall, aber in ſehr ungleichen Tiefen. Um ſie zu entdecken und zu benutzen muß man oft bis zu beträchtlichen Tiefen graben. Da dieſes mit großen Koſten verbunden iſt, ſo hat man in neueren Zeiten ſtatt des Grabens Bohrlöcher mit dem Erd- oder Bergbohrer in die Erde eingetrieben. Durch dieſe ſogenannten Bohrbrunnen oder Arteſiſchen Brunen kann man bis zu beträchtlichen Tiefen kommen bei einem weit geringeren Koſtenaufwand. Andere Vortheile der artheſiſchen Brunnen werden weiter unten erwähnt werden. Den Namen arteſiſche Brunnen haben dieſelben von der Provinz Artois, wo man wegen der günſtigen Beſchaffenheit des Terrains Bohrbrunnen anlegte, und von wo aus die Sitte des Brunnenbohrens größere Verbreitung gefunden hat. Doch hat man früher als dort ſchon in Deutſchland (Oeſtreich) und Oberitalien Bohrbrunnen angelegt. Das wundervolle Volk der Chineſen ſcheint ſchon in den älteſten Zeiten Bohrbrunnen gehabt zu haben. (S. d. Folg.)

Aus den Quellen geht das Waſſer in die Flüſſe und aus dieſen in das Meer. Hier alſo ſammelt ſich faſt alles auf der Erde entſpringende Waſſer an. Auf den erſten Augenblick ſcheint es unbegreiflich, da die Quellen unausgeſetzt ſich ergießen, wie das Meer nicht ohne Aufhören anſchwellen und allmählig alle Küſten überſteigen und das Land überſchwemmen muß. Dieſes wird um ſo auffälliger, wenn man einzelne Binnenmeere beobachtet. Das Caspiſche Meer z. B. nimmt mehre große Flüſſe auf, und unter dieſen den größten Fluß Europas, die Wolga, und dennoch erhebt ſich ſeine Oberfläche keineswegs. Man könnte dieß aus einem Zuſammenhange mit dem Weltmeere erklären, in welches es ſich ſeiner zuſtrömenden Waſſermenge entledigte, aber weder ein äußerlicher Zuſammenhang mit dem Weltmeere findet ſtatt, noch ein unterirdiſcher. Dieß letztere (obgleich andere Gründe für einen ſolchen ſprechen) geht wenigſtens aus dem Umſtande hervor, daß ſich der Spiegel des Caspiſchen Meeres über den des Weltmeers nicht allein nicht erhebt, ſondern ſogar um 300 F. niedriger ſteht. Man hat die ange-

gebene Erſcheinung durch einen unterirdiſchen Zuſammenhang der Quellen mit dem Meere zu erklären geſucht. Das Waſſer welches auf der Oberfläche der Erde erſcheint und in das Meer fließt, ſoll durch Kanäle im Innern der Erde wieder nach den Quellen zurückgeführt werden. So natürlich es nun iſt, daß von den höheren Orten, an denen die Quellen entſpringen, das Waſſer nach dem am niedrigſten gelegenen Meere fließen, ſo widernatürlich und darum unmöglich iſt das Zurückſteigen des Meerwaſſers nach den Quellen. Der Luftdruck kann hierbei nicht von Einfluß ſein, denn mit gleicher Stärke, wie auf der Oberfläche des Meeres, laſtet derſelbe auch auf den Quellen. Die Nichtvermehrung des Meerwaſſers und die fortwährende Erzeugung der Quellen, erklärt ſich zugleich durch folgende (nach Bruckmann mitgetheilte) einfache Betrachtung. Wenn man ein Gefäß bis an den Rand mit Waſſer füllt, und ins Freie ſetzt, ſo daß die Luft ſeine Oberfläche beſtreichen kann, ſo wird man wahrnehmen, daß das Waſſer täglich weniger wird, und das Gefäß am Ende — wenn es anders keinen Zufluß erhält — ganz leer wird. Dieſe Abnahme des Waſſers iſt unter dem Namen: Verdunſtung allgemein bekannt. Es entſtehen nämlich, wie genaue Beobachtungen gezeigt haben, auf der Oberfläche des Waſſers unzählige ganz kleine, dem Auge unſichtbare mit Luft angefüllte Bläschen, welche ſich losmachen, in die Luft entweichen, und ſogleich wieder durch neue erſetzt werden. Dieſer Proceß geht unaufhörlich fort, er wird beſchleunigt durch warme Witterung, beſonders durch Sonnenſchein, hauptſächlich aber durch Bewegung des Waſſers und der Luft (Wind), durch welche dieſe Bläschen ſchneller fortgeführt, und durch neue erſetzt werden. Es iſt nämlich allgemein bekannt, daß z. B. aufgehängte Wäſche, die Felder, die Straßen u. ſ. w. deſto ſchneller trocknen, je ſtärker ſich die Luft bewegt, d. h. je ſtärker der Wind weht. Dieſe Verdunſtung nun, welche nach Umſtänden bald ſchneller bald weniger ſchnell vor ſich geht, beträgt im ganzen Jahre ungefähr 30 bis 36 Zoll, und in einem Tage oder 24 Stunden $\frac{1}{12}$ Z., d. h. die Oberfläche des Waſſers, wird täglich um $\frac{1}{12}$ Z. durch die Verdunſtung niedriger. Rechnet man die Oberfläche der Erde auf 9288000 Quadrat-Meilen, und nimmt man, wie gewöhnlich, an, daß $\frac{2}{3}$ hiervon Waſſer ſei, ſo beträgt dieß 6192000 geogr. Quadrat-Meilen. Wenn nun dieſe Meeresfläche täglich nur um $\frac{1}{12}$ Z. (1 Linie) verdunſtet, ſo beträgt dieß in 24 Stunden 1,66023 Cubik-Meilen oder = 28'844'800,000,000 Cubik-Fuß 2'307'584,000,000 Würtemberg. Eimer, was auf jede Minute 1602 Millionen Eimer beträgt. Aber nicht nur das Meer iſt es, das beſtändig ſo viel Waſſer verdunſtet, auch die Flüſſe, Bäche, Seen und Sümpfe auf dem feſten Lande, die Erde ſelbſt, die Gewächſe, auch alle lebenden Geſchöpfe verdunſten beſtändig Feuchtigkeit, welche gleichfalls von der Atmoſphäre aufgenommen wird, und von deren Menge ſich kein Maß angeben läßt. Alle dieſe Dünſte werden in unendlich kleinen Waſſertheilchen (nach neueren Beobachtungen, wie oben bemerkt, als unſichtbare Luftbläschen) in die Atmoſphäre aufgenommen, und erfüllen dieſelbe zu allen Zeiten und bei jeder Witterung. Selbſt im höchſten Sommer, und bei der

größten Dürre, iſt die Luft nicht frei von dieſem Waſſergehalte, wie man ſich aus folgendem leicht überzeugen kann: a) Wenn man einen Körper, z. B. ein Glas, Meſſer u. ſ. w. von einem kältern Ort, ſchnell an einen wärmern bringt, ſo läuft er an, oder er wird auf ſeiner Oberfläche naß, nämlich mit einem dünnen Beſchlage von Waſſer überzogen. Dieſes Waſſer, das auch gleich wieder abdunſtet, ſobald der kältere Körper mit der Atmoſphäre gleiche Temperatur angenommen hat, konnte nirgends anders herkommen, als von dem Dunſte, welcher unſichtbar und unfühlbar in der ganz trocken ſcheinenden Luft enthalten iſt, indem nämlich dem das Glas unmittelbar umgebenden Dunſte der Wärmeſtoff entzogen wird. b) Wenn im Winter ein Zimmer geheizt wird, ſo ſchwitzen die Fenſter, d. h. es ſetzt ſich an dieſe, als den kältern Theil, das in der Luft enthaltene Waſſer, in tropfbar flüſſiger Geſtalt an, und zwar um ſo ſtärker, je größer die Kälte oder die Differenz der Temperatur zwiſchen der äußern und innern Luft, und je größer die Zahl der (ausdünſtenden) im Zimmer befindlichen Perſonen u. ſ. w. iſt. c) Wenn nach anhaltend ſtrenger Kälte, auf einmal Thauwetter eintritt, ſo ſetzt ſich an Wänden und Mauern ein Eisüberzug an, welcher von den in der Luft enthaltenen Waſſerdünſten herrührt, die ſich an dieſen kältern Theilen condenſiren und wenn die Temperatur dieſer Mauern u. ſ. w. ſich noch nicht über 0 erhoben hat, — zu Eis kryſtalliſirt werden. Dieſe wenigen Beiſpiele, deren noch viele gegeben werden könnten, zeigen deutlich, daß die ganz rein und trocken ſcheinende Luft beſtändig mit Waſſerdünſten angefüllt iſt und daß dieſe Waſſerdünſte die Eigenſchaft haben, ſich an Körpern, welche kälter ſind als die Luft, in tropfbar flüſſiger Geſtalt abzuſetzen. Auch ohne Zuthun eines dritten kalten Körpers ſetzt die Luft einen Theil der in ihr enthaltenen Feuchtigkeit ab, ſo bald ſich ihre Temperatur vermindert, was beſonders beim Auf- und Niedergange der Sonne der Fall iſt, und wodurch diejenige Befeuchtung des Bodens und der Gewächſe entſteht, welche wir im Sommer Thau, im Winter aber Reif nennen, und welche in (heißen) Ländern, wo es wenig regnet, viel ſtärker iſt, und dort gleichſam die Stelle des Regens vertreten muß. Eine Urſache der Entſtehungsart der Nebel und Wolken möchte auch dieſe ſein, daß die in der Luft enthaltenen Waſſerdünſte häufiger werden, ſich näher an einander anſchließen, und ſich wegen niedrigerer Temperatur zu condenſiren anfangen. Dieſe Wolken, Nebel u. ſ. w. befeuchten Alles was ſie berühren, hauptſächlich die Berge, an welchen ſie ihr Waſſer in tropfbarer Geſtalt abſetzen, und wenn dieſe Waſſerdünſte noch dichter werden, ſo vereinigen ſie ſich zu Tropfen, und es entſteht Regen oder Schnee. Auf dieſe Weiſe entledigt ſich die Luft immer wieder der Waſſermaſſe, welche ſie durch Verdunſtung in ſich aufgenommen hat, und ſo dauert dieſer Wechſel, nämlich Verdunſtung des Waſſers, und Aufnahme deſſelben in die Luft, und wieder Niederſchlag deſſelben auf den angegebenen Wegen beſtändig fort. Wenn aber auch dieſe Wechſelwirkung, nämlich Ausdünſtung und Niederſchlag, in gleichen Zeiten nicht gleiche Quantitäten Waſſer nehmen und wiedergeben, welche Ungleichheit, wie die Erfahrung lehrt, ſich auf Wochen, Monate und

ſelbſt auf Jahre ausdehnt, ſo kommt doch jedesmal wieder eine Zeit, wo ſich alles ausgleicht, ſo daß man behaupten kann, daß die auf der Erde befindliche Waſſer-Menge im Durchſchnitte immer dieſelbe bleibt.

Dieſe einfache, auf ſichtbaren Thatſachen beruhende Erläuterung der Entſtehung der Quellen, hat zwar noch kein Naturkundiger angefochten, manche aber haben ſie nicht befriedigend genug gefunden, und dieſer Haupturſache der Entſtehung der Quellen noch mehre beizugeſellen geſucht, wozu allerdings beſondere Erſcheinungen, wie folgende, die erſte Veranlaſſung gegeben haben mögen, und wovon z. B. Lulof in ſeiner Einleitung zur Kenntniß der Erdkugel erzählt: »Man habe einſt auf der Spitze des Berges Odmilooß in Slavonien nach Steinen gegraben, und in einer Tiefe von 10 Fuß wirklich ein Steinlager gewonnen. Als man dieſes herausgefördert, ſei aus den Spalten des darunter hinſtreichenden Felſens, 13 Tage lang ein dicker Dampf mit unglaublicher Geſchwindigkeit heraus geſtrömt, 24 Tage nachher aber, alle aus dieſem Berge entſprungene Quellen vertrocknet. Ein andermal hätten die Cartheuſer, welche 2 Meilen von Paris eine Mühle beſaßen, eine merkliche Verminderung des Waſſers verſpürt, zugleich aber auch die Bemerkung gemacht, daß an den offenen Ritzen, eines nahe gelegenen Steinbruches eine Menge Dampf hervorbreche. Sie hätten hierauf die Ritzen verſtopft, und ihren vorigen Waſſerzufluß wieder erhalten.« Dieſe Erſcheinungen werden ſich vollkommen genügend erklären, wenn man folgende dritte, von welcher Bruckmann ſelbſt Augenzeuge war, mit in Betrachtung zieht. »In dem Bergſchloſſe zu Tübingen befindet ſich unter Gewölben ein runder ausgemauerter Brunnen von etwa 200 Fuß Tiefe. Vor ungefähr 40 Jahren hatte dieſer Brunnen noch mehre Fuß tief Waſſer, und damals ſtieg aus der Mündung des Brunnenſchachtes ein beſtändiger dicker Nebel in die Höhe, welcher ſich an den Mauern und der Decke des Gewölbes zu Waſſertropfen ſo condenſirte, daß an den Mauern kleine Ströme von Waſſer herabliefen, welche auf dem Boden eine Art von Bach bildeten, der beſtändig in den Boden einſickerte.« (Jetzt, nachdem während dieſer Zeit ſo viele Steine und angezündete Strohbüſchel, auch Schwärmer u. ſ. w. in den Brunnen geworfen wurden, iſt ſein Boden aufgefüllt und trocken, und der erwähnte ausſtrömende Nebel und eben ſo das von ihm an den Mauern erzeugte Waſſer verſchwunden.) In dieſem Brunnen iſt nun kein anderer Proceß vor ſich gegangen, als der nämliche, dem alle Quellen ihr Daſeyn zu verdanken haben. Es hat ſich nämlich beſtändig ein Theil des Schachtwaſſers (vermuthlich durch höhere Temperatur begünſtiget) in Dunſt aufgelöſt, iſt als ſolcher in die Höhe geſtiegen, und hat ſich an den kalten Mauern wieder zu Waſſertropfen verdichtet. Die von Lulof erzählten Erſcheinungen werden wohl mit dieſer die gleiche Grundurſache haben, und deßhalb keiner weitern Erläuterung bedürfen.

Dieſes aus der Atmoſphäre auf die Erde niederfallende Waſſer dringt in die Erde ein, ſo tief als ſie locker und für das Waſſer durchdringlich iſt; es erfüllt alle Zwiſchenräume und Klüfte, welche

hauptſächlich im Innern der Gebirge vorkommen, und welche oft große Höhlungen und Sammelplätze für das Waſſer bilden, und nur das was nicht eindringen kann, theils wenn die Höhlungen gefüllt ſind, theils wenn das Waſſer nicht ſo ſchnell in die mit Dammerde bedeckten Felsklüfte eindringen kann, als der Regen es ſchüttet, läuft in das Thal und die niedrigſten Punkte ab, und bringt Bäche und Flüſſe öfters zum Anſchwellen und Uebertreten. Je klüftiger nun das Gebirg iſt, und je größer ſeine Oberfläche, deſto mehr wird Waſſer in daſſelbe eindringen, und zwar in jeder Stelle ſo tief, bis es auf ein Hinderniß ſtößt, d. h. bis es auf eine Schicht kommt, welche kein Waſſer durchläßt, und daſſelbe nöthigt, ſich ſeitwärts einen Ausweg zu ſuchen, oder aufzuſtauen. Dergleichen nicht durchlaſſende Schichten kommen in den Gebirgen ſehr häufig zwiſchen den klüftigen vor; als Unterlage unter klüftigem Geſtein fangen ſie das von oben kommende Waſſer auf, und bringen es oft ſchon in beträchtlicher Höhe als Gebirgs-Quellen zum Ausguß und als Decke über klüftigem Geſtein halten ſie das von ihnen ausgehende, oder über ihrem Anfang am Gebirge ſchon eingedrungene Waſſer eingeſchloſſen und nöthigen daſſelbe in ſeinem unterirdiſchen Laufe ſo lange fortzufließen, bis an irgend einer Stelle dieſe Decke durchbrochen iſt, wo ſodann das Waſſer als natürliche Quelle in die Höhe ſteigt. Solche waſſerhaltende, mit einer undurchdringlichen Decke verſehene Schichten, kommen in den Flötzgebirgen gewöhnlich mehre über und unter einander vor, und öfters in ſehr beträchtlicher Tiefe, weßhalb man bei Erbohrung ſolcher Brunnen, bei welchen das angebohrte Waſſer nicht hoch genug aufſteigt, durch Tieferbohren häufig ſeinen Zweck erreicht, denn die Erfahrung hat gelehrt, daß die tiefer vorkommenden Waſſerſchichten, meiſtens einen höhern Urſprung (Einlauf) haben, und daß ſie mithin nach ihrer Löſung auch höher und mächtiger aufſteigen und ausgießen, als die weniger tief gehenden. Dieſe Waſſerſchichten ſind häufig von ſehr großer Ausdehnung nach Breite und Länge; ſie können Meilen weit fortlaufen bis ſie endlich irgend einen Ausweg (etwa in einem Flußbette) finden, oder ihre Decke durchbrechen, und eine ſenkrecht aufſteigende natürliche Quelle bilden, oder auch ganz geſperrt bleiben. Wird aber die auf der Waſſerſchichte befindliche waſſerhaltende Decke mittelſt des Erd- oder Bergbohrers durchbohrt und dafür geſorgt, daß das Bohrloch ein feſtes Ganzes bildet, und dem aufſteigenden Waſſer das Ausweichen ſeitwärts nicht geſtattet, ſo ſpringt das eingeſperrte Waſſer mit Macht in die Höhe, und nach Umſtänden oft hoch über die Erdfläche, und ſo entſteht ein Bohr- oder ſogenannter arteſiſcher Brunnen.

Die Höhe, auf welche das Waſſer in einem ſolchen Bohrbrunnen ſteigt, ſollte nach reinen hydroſtatiſchen Geſetzen eigentlich derjenigen Höhe gleich ſein, auf welcher das Waſſer im Gebirge unter ſeine nicht durchlaſſende Decke eintritt, allein ſie kann dieß nur in ſehr ſeltenen Fällen ſein und zwar aus folgenden Gründen: Die waſſerführenden Gebirgsſchichten ſind keineswegs wie künſtliche Röhrenleitungen zu betrachten, in welchen das Waſſer durch glatte Wände, ohne irgend ein den Lauf hemmendes Hinderniß bis zum Orte ſeiner Beſtimmung durchflie-

ßen kann. Im Gegentheile, dieſe Schichten beſtehen meiſtens aus rauhen unebenen Flächen, und ſind nicht bloß mit Waſſer, ſondern häufig mit Gerölle, Sand u. dgl. ſo ausgefüllt, daß das Waſſer nicht frei durchfließen, ſondern bloß langſam durchſickern kann, und nur der großen Ausdehnung dieſer Waſſerſchichten und dem daher entſtehenden Zudrange von allen Seiten iſt es zuzuſchreiben, daß da, wo die Decke durchbohrt wird, ein mächtiger Strahl hervortritt, welcher jedoch gewöhnlich erſt im zweiten oder dritten Tage, wenn nämlich das Bohrloch von dem eingetretenen, daſſelbe verengenden Sand u. ſ. w. gereinigt iſt, ganz vollſtändig und permanent wird. Wenn aber ſchon bei geregelten Röhrenleitungen wegen des Widerſtandes, den das Waſſer beim Durchgange durch runde Röhren erleidet, und welcher ſich verhält, wie die Länge der Röhre und wie die Quadrate der Geſchwindigkeiten und umgekehrt, wie die Durchmeſſer *) — von der geſammten Druckhöhe, ein gewiſſer Theil als Widerſtandshöhe in Abzug gebracht werden muß, ſo daß nur der Reſt als Geſchwindigkeits- oder Steighöhe angeſehen werden kann, ſo muß der Widerſtand da, wo das Waſſer nur mühſam durchſickern kann, viel beträchtlicher, und die zu ſeiner Ueberwindung erforderliche Widerſtandshöhe viel größer, mithin die übrigbleibende Steighöhe viel geringer ſein. **)

---

*) D. h. bei nocheinmal ſo langer Röhre iſt der Widerſtand nocheinmal ſo groß; ferner, bei nocheinmal ſo großer Geſchwindigkeit iſt der Widerſtand viermal größer, und bei nocheinmal ſo großem Durchmeſſer iſt der Widerſtand nur ein halbmal ſo groß.

**) Die Steig- oder Geſchwindigkeitshöhe, welche man erhält, wenn man von der ganzen Druckhöhe ſowohl die Höhe des Ausguſſes als auch diejenige Höhe abzieht, welche nöthig iſt, um den Widerſtand zu überwinden, den das Waſſer beim Durchgange durch ſeine Schichten erleidet, iſt allemal der Maßſtab zur Berechnung der Geſchwindigkeit und Menge des ausfließenden Waſſers; — vorausgeſetzt, daß die angebohrte Schichte oder Kluft ſo reich an Waſſer iſt, daß ſie das, was ihr ein Bohrloch entziehen kann, beſtändig zu erſetzen vermag. Hätte man z. B. ein Bohrloch niedergetrieben, aus welchem in einem 12 Fuß hohen aufrecht ſtehenden Rohre das Waſſer gerade bis an den obern Rand ſteigen würde, aber wenig und zu Zeiten gar nicht übergöſſe, das heißt mit andern Worten: hätte man eine Quelle erbohrt, deren Waſſer 12 Fuß über die Erdfläche ſtiege, — ſo würde, ſo lange auch die Röhre 12 Fuß hoch ohne Seitenöffnung bliebe, Druck und Gegendruck ſich aufheben und keine Bewegung, d. h. kein Ausguß erfolgen. Um dieſe zu bewerkſtelligen, d. h. um laufendes Waſſer zu erhalten, müßte der Gegendruck geringer ſein als der Druck, d. i. die Röhre müßte entweder kürzer abgeſchnitten oder auf der Seite angebohrt werden. Würde nun der Teucher 1 Fuß unter ſeinem Kopfe angebohrt, ſo würde das Waſſer nach würtemb. Decimalmaß mit einer Geſchwindigkeit von 8,246 Fuß ausſtrömen; es würde nämlich in jeder Secunde einen Waſſerſtrahl ausſtrömen, welcher 8 Fuß 2 Z.

Aus den vorangegangenen Betrachtungen erklärt ſich die Erſcheinung zur Genüge, daß, wenn längs eines ſanften Bergabhanges mehre Brunnen in einer Reihe gebohrt werden, in allen die Waſſer auf gewiſſe Höhen ſteigen können, welche gegen die ſonſtige Regel nicht in einer horizontalen Ebene liegt, ſondern mehr mit der Erdfläche parallel läuft. Es erklärt ſich aber auch daraus, wie viel Zeit unter den angegebenen Umſtänden jeder Waſſertropfen nöthig haben kann, um von dem Punkte ſeines Einlaufs und reſp. Sammelplatzes bis zu ſeinem, durch Natur oder Kunſt geſchaffenen Austritte zu gelangen. Dieſes ſo häufig vorkommende langſame Durchſickern des Waſſers, wird durch folgenden Jedermann bekannten Umſtand noch deutlicher dargethan: Die vielen oft in weit ausgedehnten Ebenen vorkommenden, von den Flüſſen angeſchwemmten Thäler, beſtehen gewöhnlich aus Sand, Kies (Schotter), Lehm u. ſ. w. mit einer Decke von Dammerde. In dieſe Erdarten ſind die Keller gegraben, auf welchen die in der Nähe der Flüſſe erbauten Häuſer ruhen. Wenn nun der Fluß anſchwellt, ſo ſteigt auch in den nahe gelegenen Kellern und gegrabenen Brunnen das Waſſer in die Höhe; aber bei weitem nicht ſo ſchnell als im Fluſſe; im Gegentheile: wenn z. B. bei Heilbronn der Neckar noch ſo ſchnell anſteigt, ſo dauert es doch in Kellern, welche kaum 1000 Fuß vom Fluſſe ent-

---

$4\,{}^{6}/_{10}$ Linien lang wäre. Bei einer Anbohrung von 4 Fuß unter dem Kopfe würde in gleicher Zeit ein Strahl von 16 F. 5 Z. ${}^{6}/_{10}$ Lin. und bei 9 Fuß unter dem Kopfe ein Strahl von 25 Fuß 7 Zoll $3\,{}^{8}/_{10}$ Linien Länge ausſtrömen. Hält nun die eingebohrte Seitenöffnung eine Weite (quere Durchſchnittsfläche) von 2 Quadratzollen, ſo wäre die Ausgußmenge:

Fuß unter dem Kopfe.	In 1 Secunde.		In 1 Minute.	
	Cub. Fuß.	Cub. Zoll.	Cub. Fuß.	Cub. Zoll.
1 = = =	164	${}^{92}/_{100}$	9	895
4 = = =	329	${}^{84}/_{100}$	19	790
9 = = =	494	${}^{76}/_{100}$	29	695.

Wir geben dieſes Beiſpiel, um anſchaulich zu machen, in welchem Verhältniſſe die Ausgußmenge größer wird, wenn man den Ausguß ſelbſt tiefer legt; — ein Umſtand, welcher in der Ausübung ſeine Anwendung findet. Die Berechnung der Ausgußgeſchwindigkeit kann übrigens nach der Formel $c = 2\sqrt{gh}$ Jeder ſelbſt machen, wobei c die geſuchte Geſchwindigkeit, g die Fallhöhe ſchwerer Körper in einer Secunde = 17 Fuß württemb. und h die Tiefe des Ausgußes unter dem Waſſerſpiegel in der Röhre bedeutet. Die hiernach berechnete Geſchwindigkeit, multiplicirt mit dem Querdurchſchnitte der Ausgußöffnung, gibt das Waſſerquantum. Bei genau hydrauliſcher Berechnung würden ſich freilich für Adhäſion und Contraction u. ſ. w. noch Verminderungen ergeben, aber wir übergehen dieß, weil ſie für den vorliegenden Zweck zu unbedeutend ſind.

fernt liegen 2 bis 3 Tage, ehe ſie ſich mit Waſſer füllen, ſo daß gewöhnlich das Waſſer in den Kellern noch zunimmt, während es im Fluſſe ſchon wieder abgenommen hat. Wenn nach lange angehaltener trockener Witterung ſtarkes und dauerndes Regenwetter eintritt, ſo vergehen 3 bis 4 Wochen, ehe man am Kirchbrunnen, deſſen Ausguß etwa $\frac{1}{2}$ Stunde vom Gebirge entfernt liegt, nur eine kleine Zunahme des Waſſers gewahr wird. Dieſe Wahrnehmung, daß nach eingetretenem Regen das Waſſer der Quellen ſich vermehrt, kann man mehr oder weniger bei allen Quellen, jedoch in ſehr verſchiedenem Maßſtabe machen, und zwar an den künſtlichen oder gebohrten Brunnen, wie an den natürlichen. Je klüftiger das Gebirg iſt und je näher die Quelle am Fuße des Berges zu Tag austritt, deſto eher und ſtärker wird die Zunahme des ausfließenden Waſſers erfolgen, oft ſo ſchnell, daß das Waſſer nicht mehr Zeit findet, vor dem Austritte ſeinen Schlamm abzuſetzen und noch unrein zum Vorſchein kommt. Letzteres iſt häufig der Fall bei Quellen in den Kalkgebirgen, im Muſchelkalke ſowohl als im Jura; in Letzterem jedoch häufiger. Beiſpiele hiervon kann man in größerem Maßſtabe an dem Urſprunge des Kochers bei Aalen, der Brenz bei Königsbronn, der Blaue bei Blaubeuren u. a. m. beobachten. Im Keupergebirge dagegen ſtreichen die Waſſer langſamer, ſie finden mehr Hinderniſſe im Durchgang, ſie ſind daher beſtändiger, laufen ſelten oder niemals trübe, werden nie viel größer, verſiegen aber auch nicht; denn wenn auch die Regenzeit lange ausbleibt, ſo ſtellt ſie ſich doch jedesmal wieder ein, und Quellen, welche einen langen und tiefen Gang haben, was man aus ihrer Gleichförmigkeit erkennt, erhalten immer wieder Zufluß, ehe der alte Vorrath ganz erſchöpft iſt. Nur hochgehende Quellen, welche vor ihrem Austritte zu Tag nicht zuvor in die Tiefe gehen, und mehr oberflächlich daher ſtreichen, verſiegen bei anhaltend trockener Witterung, und die ganz oberflächlichen (ſogenannten Hungerbrunnen) laufen nur bei anhaltend naſſer Witterung.

Es läßt ſich im Allgemeinen folgern, daß Thäler und Ebenen, beſonders wenn ſolche von Bergen — als den eigentlichen Waſſererzeugungsſtätten — nahe oder auch in größerer Ferne umgeben ſind, ſich zur Anlegung von Bohrbrunnen am meiſten eignen, und häufig ein ſehr erwünſchtes Reſultat, nämlich Springwaſſer hoffen laſſen. Weniger iſt dieß der Fall in ſehr flachen Gegenden und auf Anhöhen, am wenigſten auf Bergen; denn wenn ſich überhaupt in einem Terrain Springquellen in der Tiefe vorfinden, ſo werden ſie an der am tiefſten gelegenen Stelle am höchſten über die Erde ſteigen. Soll nun einmal in einem Terraine ein Bohrverſuch auf Springquellen gemacht werden, ſo wird man, wenn es anders die Verhältniſſe erlauben, immerhin die tiefere Stelle als die geeignetere ausleſen, und ein ſolcher Normalverſuch kann als ziemlich ſicherer Maßſtab für anderweitige Verſuche in einer und derſelben Gegend dienen, weil man alsdann nach bekanntem Reſultate in den Stand geſetzt iſt, durch ein einfaches Nivellement faſt zuverläſſig zu beſtimmen, wie hoch das Waſſer auf einem höher oder tiefer gelegenen Punkte der Umgegend ſteigen wird; denn die Erfahrung hat gezeigt, daß der Waſſerſpiegel der gelöſten Bohrquellen in ein und

demſelben Terraine faſt durchgängig in einer Horizontebene liegt. Da ſich nun die Waſſerſchichten, welche von Einem urſprünglichen Sammelplatze ihre Nahrung erhalten, unterirdiſch oft Meilen weit hin erſtrecken, ſo iſt der Grund der horizontalen Niveauäußerung leicht einzuſehen, und das eben Geſagte kann in manchen Fällen auf mehre Quadratmeilen auszudehnen ſein. Ehe man einen Bohrbrunnen anlegt, erforſche man zuvörderſt die Gebirgsformation und hole die oberflächliche Terrainskunde durch ſchon gegrabene Brunnen ein. Flötzformationen, überhaupt Thonterrains, ſind allen andern vorzuziehen; denn der Thon iſt es hauptſächlich, welcher die Waſſer zurückhält. Bohrverſuche auf Springquellen können auch auf Anhöhen, wenn ſolche von noch höhern Bergen umgeben ſind, gelingen; bei Unterſuchung einer ſolchen Anhöhe aber muß man hauptſächlich zu erforſchen ſuchen, ob ſolche früher durch die Natur keine Waſſerdurchbrüche erlitten hat, ob ſich nämlich aus dem Abhange oder Fuße derſelben keine Quellwaſſer ſtürzen, ob ſich alſo keine nachtheiligen Gebirgsverklüftungen vermuthen laſſen u. ſ. w. Meiſtens ſind Thäler, deren nächſte Anhöhen etwa aus Muſchel- oder Jurakalk beſtehen, mit Thonmergel- oder Thonſchichten bedeckt und begünſtigen alſo die Anlegung von Bohrbrunnen ſehr. Das Quellwaſſer findet ſich, wie ſchon bemerkt, hauptſächlich unter Thon, im Allgemeinen am häufigſten zwiſchen den Auflagerungsflächen heterogener Gebirgsmaſſen.

Die Anziehung welche die Berge gegen die Wolkenmaſſen ausüben, ſo wie beſonders auch die Niederſchläge des atmoſphäriſchen Waſſers, welche durch die niedere Temperatur der Bergſpitzen fortwährend bewirkt werden, mögen der Grund ſein, warum in den Bergen die Quellen häufiger ſind als in den Thälern. Auch mag die Beſchaffenheit des Bodens in den Bergen in dieſer Beziehung von großem Einfluſſe ſein; während nämlich in dem aufgeſchwemmten Lande das Waſſer ſich allſeitig ausbreitet, und ſo fein vertheilt auch ſchnell wieder verdunſtet, muß es ſich in den ohnehin ſchattigen und kühlen Bergen zwiſchen den Felſen zu größeren Maſſen anſammeln, durchrinnt loſes Geſtein, ohne von dieſem ſelbſt eingeſogen zu werden, und ſammelt ſich über feſten und undurchdringlichen Felſenſchichten. Bemerkenswerth iſt der Einfluß der Wälder auf die Quellen. Durch die Wälder wird nämlich die ſchnelle Verdunſtung des niedergefallenen Waſſers verhindert, und man hat demgemäß gefunden, daß in manchen Gegenden durch die Ausrottung der Wälder die Quellen geſchwächt und vermindert worden ſind.*)

---

*) Nach Garnier ſchrieb man der Zerſtörung der Wälder während der Zeit der franz. Revolution in einigen franz. Provinzen die Verminderung der Gewäſſer zu. Ein merkwürdiges und genau unterſuchtes hierher gehöriges Beiſpiel führt Bruckmann an. Der Kirchbrunnen zu Heilbronn, welcher in 7 Röhren, je von 1½ Zoll Durchmeſſer, beiläufig 3 Fuß hoch über dem Waſſerſpiegel des Nektar ausgießt, entſpringt mitten in der Stadt in mehren einzelnen Quellen, welche durch gemauerte Kanäle zuſammenge-

Folgende Bemerkungen von **Waldauf von Waldenſtein** über das Vorkommen der Quellen in den verſchiedenen Gebirgsformationen, ſind von Intereſſe und Wichtigkeit, namentlich auch zur Beurtheilung des Terrains in verſchiedenen Gegenden in Bezug auf die zu erwartenden Quellen und deren Beſchaffenheit.

Quellen in den Urgebirgen. In den älteſten Formationen der Urgebirge geht die Infiltration nur ſehr ſchwer vor ſich, und oft iſt ſie bei homogenem, dichtem und unverändertem Geſtein ganz unmöglich; demungeachtet findet man auch in dieſen Terrains häufig Quellen, nur ſind ſie gewöhnlich nicht ſehr waſſerreich. Wenn die Geſteinmaſſen ſo dicht und feſt ſind, daß Regen und Schneewaſſer nicht in dieſelben eindringen kann, ſo verbreitet es ſich nur auf der Oberfläche der Gebirge, und dieß iſt am häufigſten der Fall. Liegen aber mehre ver-

---

führt ſind, aus Keuper-Mergel. Sein Waſſer hat beſtändig eine Temperatur von 9° R. und zeichnet ſich vor allen andern Waſſern in der dortigen Gegend dadurch aus, daß es nur Spuren von Gyps enthält, mit welchem alle andern Brunnenwaſſer daſelbſt geſchwängert ſind. Ungefähr eine halbe Stunde an dem Ausguße dieſer Quelle erhebt ſich das die Stadt gegen Oſten in einem Halbkreiſe umgebende Keupergebirge, deſſen Kuppe durchaus aus Sandſtein beſteht, welcher auf buntem Mergel aufgelagert iſt. Auf der nördlichen Hälfte dieſes Halbkreiſes kommen bedeutende Gypsſtücke vor, welche aber auf der ſüdlichen Hälfte fehlen. Auf letzterer, nämlich der ſüdlichen Seite, liegt die Gebirgsſchlucht (im Köpfer genannt), von welcher nach alter Sage die Kirchbrunnen-Quelle ihren Urſprung haben ſoll, welche Sage die geognoſtiſche Beſchaffenheit der Gegend ſchon zu rechtfertigen ſcheint. Eine vor Kurzem angeſtellte Unterſuchung der Waſſer, die dort ſchwache Quellen ausgießen, hat gezeigt, daß dieſelben von Gyps wohl noch freier ſind als das Kirchbrunnenwaſſer, und eine in dieſer Linie ausfließende Quelle im Stadtgraben liefert das nämliche Waſſer, und es wird durch dieſe Umſtände mehr als wahrſcheinlich, daß man die Entſtehung der Kirchbrunnen-Quelle in dem genannten Theile des Gebirges zu ſuchen hat. Folgende Thatſache ſpricht nicht nur deutlich hierfür, ſondern auch beſonders dafür, daß durch reichen Waldwuchs die Quellen genährt werden. Es ſind nämlich die Kuppen der genannten Berge durchaus mit Laubholz bewachſen, und werden alljährlich ſo abgeholzt, daß der Turnus in 20 Jahren umläuft. **Bruckmann** hat nun ſeit etwa 30 Jahren ſchon zum zweitenmale beobachtet, daß die Ausgußmenge des Kirchbrunnens ſich vermindert, wenn der Holzſchlag dem Köpfer nahe kommt, und ſich allmählig wieder vermehrt, ſo wie das Buſchwerk in dieſem Waldtheile wieder heranwächſt. Im Jahre 1831 als der Holzſchlag im Köpfer ſelbſt war, lief der Kirchbrunnen ſo ſchwach, daß einige Röhren, deren zu andern Zeiten alle 7 voll liefen, nur träufelten, es entſtand bei der Bürgerſchaft große Beſorgniß, dieſe Quelle ganz zu verlieren, und es wurden über die Urſachen dieſes Nachlaſſes allerlei Vermuthungen geſchöpft. Wie das Buſchwerk im Köpfer hat jedoch auch die Quelle wieder zugenommen, und die Beſorgniſſe ſind verſchwunden.

ſchiedene Formationen über einander, wie z. B. Gneis, Thonſchiefer, Eurit, Diabas, Quarz, Urkalkſtein u. ſ. w., ſo nimmt die Zahl der Quellen zu, weil die Waſſer durch die Auflagerungsklüfte, durch die häufig vorkommenden druſigen Gänge und durch andere Zerklüftungen einſickern, mit welchen letzteren die Gebirge nach allen Richtungen, und ſelbſt bis in eine große Tiefe durchzogen ſind. Die Höhlen und natürlichen Keſſel (Abzüge) ſind in den Urgebirgen ſehr ſelten, wo man ſie aber findet, ſteht ihre Decke gewöhnlich mit einer Auflagerungskluft zweier verſchiedenen Geſteine in Verbindung, durch welche die Waſſer eindringen, und an den Gebirgsabhängen oder in den Thalgründen Quellen bilden. Die Beſchaffenheit der in den Urgebirgen vorkommenden Waſſer, iſt nach den Terrains, aus welchen ſie kommen, verſchieden. Gewöhnlich aber ſind ſie gut und geſund. In den Granitgebirgen ſind die Quellen meiſtens arm an Waſſer, aber zahlreich. Wo aber mehre Urgebirgsarten auf einander gelagert ſind, werden mit dem Bergbau häufig reine und waſſerreiche Quellen erſchrottet. Dringen dieſe durch Erzgänge ein, ſo löſen ſie oft Schwefel, Metalle, z. B. Schwefeleiſen und Schwefelkupfer, oder überhaupt verſchiedene metalliſche und erdige Salze auf. Im Urkalke ſind die Quellen mehr oder weniger häufig. Auch giebt es in dieſem Geſteine manchmal mit Waſſer gefüllte Höhlen und Druſen. Die in den Urgebirgen vorkommenden warmen Quellen enthalten Gaſe, Schwefel oder Salze; ſolche warme Quellen finden ſich ſelbſt oft auf ſehr hochliegenden Bergebenen von Granitgebirgen. Die Temperatur des warmen Waſſers iſt eben ſo verſchieden, wie ihre Beſtandtheile, man findet ſie im Granit von 25 bis 100° C. (ſ. d. Folg.). Die im Gneiſe, im Thonſchiefer und in den übrigen Urgebirgsarten vorkommenden heißen Quellen zeigen eben dieſe Verſchiedenheit. Oft iſt es ſchwer zu beſtimmen, aus welcher Gebirgsart dieſe oder jene Quelle entſpringt, wie z. B. wenn auf dem Granite mehre andere Gebirgsarten gelagert ſind, welche ſie vielleicht nur durchſetzt. Daſſelbe gilt auch von den Quellen in allen jüngern Terrains.

Quellen im Uebergangsgebirge. Wo Uebergangsgebirgsarten auf Urgebirgsgeſtein liegen, gibt es häufige Infiltrationen, die in die dichten Maſſen des letzteren nicht eindringen können, und daher unterirdiſch den Flächen unter den Uebergangs-Terrains folgen. Beiſpiele dieſer Art ſind in allen hohen Gebirgen zahlreich. Die Infiltration geſchieht gewöhnlich auf den höchſten Punkten der Gebirgsketten, und die Waſſer breiten ſich auf Diſtanzen und bis zu Tiefen aus, deren Grenzen zu beſtimmen unmöglich iſt. Bleiben ſie aber nahe an der Oberfläche des Bodens, ſo ſind ſolche Waſſer gemeinlich von guter Beſchaffenheit. Im Allgemeinen bringen die Waſſer in den Uebergangsgebirgen tiefer ein als in den Urgebirgen; ihre Natur iſt äußerſt verſchieden, und die heißen und kalten Mineralquellen ſind in den Uebergangs-Terrains am häufigſten. Oft finden ſich in der Scheidung zweier Uebergangs-Formationen Waſſer von verſchiedener Natur; ſo kommen ſehr häufig kalte und warme oder heiße Mineralwaſſer mit einander vor. Im Allgemeinen ſind ſüße Quellen in den Uebergangs-Terrains häufig, aber in den Schiefergeſteinen nicht ſo waſſerreich, als im geſchichteten Kalke, und

beſonders in jenem, welcher Höhlen und Höhlenzüge enthält. Solche Höhlen verſchließen manchmal mehr oder weniger große Waſſermaſſen, zuweilen aber enthalten ſie den ganzen Sommer hindurch große Quantitäten von Eis. Am Fuße ſolcher Kalkgebirge, worin ſich Eishöhlen befinden, ſind immer ſtarke Quellen, und im Allgemeinen iſt es immer vorzüglich der Kalkſtein, aus welchem die reichhaltigſten und ſpringenden Quellen hervorkommen. Auch der Uebergangsgyps enthält ſehr große, mit Waſſer angefüllte Höhlen, die an der Oberfläche des Bodens keine Oeffnung haben. Man ſchreibt die Bildung derſelben der Auflöſung einer Salzmaſſe zu, die früher der Gyps umſchloß. Die in den Uebergangs-Terrains häufig vorkommenden heißen Quellen gehören wahrſcheinlich denſelben nicht an, ſondern kommen aus dem Urgebirgsgeſtein, das jene bedecken.

Quellen in den Flötzgebirgen. Die in mächtigen Schichten abgelagerten großen Maſſen von älterem Flötz- und Jurakalke enthalten zwar nicht ſo zahlreiche Quellen, als die Ur- und Uebergangs-Terrains, aber ſie ſind dagegen viel waſſerreicher und in ihrer Natur, ihrer Beſchaffenheit und Temperatur ſehr verſchieden. Uebrigens kommen auch in den Flötzgebirgen ſehr viele Höhlen vor, in welchen man Waſſermaſſen, unterirdiſche Seen, Bäche und Eis findet. Die Gebirgsebenen, die Gipfel und die obern Thäler der Flötzgebirge, zeigen eine große Menge Keſſel oder Trichter, durch welche ſich die Waſſer von der Oberfläche in die Höhlen ſtürzen. Man findet ſie ſowohl am Fuße als in den höchſten Punkten der Gebirge. Die horizontalen Schlünde liegen aber meiſtens mehr gegen die Mitte der Gehänge hin, während die verticalen faſt immer auf den Plateaus oder auf den Gipfeln vorkommen. Manchmal ſind im Gypſe ſolche Höhlen mit Steinſalz angefüllt, welches durch einſtrömende Waſſer aufgelöſt wird, und wodurch Soolquellen entſtehen. Aus dem thonigen Kalke (Purbeck Kalkſtein), dann aus dem Bergkalke, aus der Rauhwacke u. ſ. w. entſpringen eben ſo zahlreiche als reichhaltige Quellen, die nach ihrem Aufſteigen zu urtheilen, wenn ſie durch ein Bohrloch gelöſt werden, aus ſehr hoch liegenden Reſervoirs zu kommen ſcheinen. Wenn der kreidenartige Kalk in großen Tiefen vorkommt, und von jüngern Formationen bedeckt wird, iſt er dicht, und enthält beträchtliche Waſſerquantitäten, die aus den Gebirgen hervor kommen, deren Fuß er bedeckt. Zeigt ſich dieſer Kalk an der Oberfläche des Bodens, oder ſteht er in geringer Tiefe an, ſo iſt er gewöhnlich beinahe durch die ganze Maſſe ſehr zerklüftet, und dann findet man die Waſſer meiſtens nur in ſehr großer Tiefe. Sie liegen nämlich unter den großen Kreidemaſſen und dem darunter gelagerten Thone des thonigen Kalkes, und man ſieht ſie im Kreideboden oft aus den Thalſohlen hervorbrechen. Es müſſen daher vorzüglich unter dieſen Kreidemaſſen die Sprinquellen mittelſt des Bergbohrers geſucht werden, wenn das Geſtein zu Tage ausgeht, oder in geringer Tiefe liegt. Iſt aber die Kreide mit jüngeren Formationen bedeckt, oder liegt ſie in einer gewiſſen Tiefe, ſo darf man auch in ihrem oberen Theile Waſſer zu erſchrotten hoffen. Die Flötz-Terrains ſind im Allgemeinen ſehr reich an warmen und kalten Gas- und Salz-

Mineralquellen. Dieſe finden ſich beſonders in den älteſten Flötzgebirgen, nämlich im dichten Kalk, im Ammoniten-, Trochyten-, Enkriniten-Kalk. In der Kreideformation kennt man aber bis jetzt keine. Uebrigens iſt es ſo, wie bei den Uebergangs-Terrains, auch hier ſchwer zu entſcheiden, aus welcher Formation dieſe Mineralwaſſer eigentlich kommen, denn wenn ſie auch aus den älteſten Flötzkalken hervortreten, ſo kann ihr wahrer Sitz doch in älteren Formationen ſein. Dieſe Quellen haben ſehr häufig das Eigenthümliche, daß ſie mit ſüßen Waſſern aus der Erde kommen, und beiſammen an einer und derſelben Stelle, oder in geringer Entfernung von einander entſpringen, ob wohl ganz gewiß ihr eigentlicher Urſprung an verſchiedenen Stellen liegt. Man kann dieſe Beobachtungen an vielen ſalzführenden und warmen Quellen machen, und es wird oft äußerſt ſchwer, dieſe verſchiedenen Quellen von einander zu kennen und ihre Vermengung zu finden. An manchen Orten ſcheinen die ſüßen Waſſer aus der Tiefe zu kommen, und gleichſam die Mineralwaſſer zu durchſetzen, in anderen Fällen bemerkt man die entgegengeſetzte Erſcheinung. So ſieht man z. B. manchmal ſüße Waſſer in Gyps- und Salz-Terrains hervortreten, wie zu Wieliczka in Polen und an mehren andern Orten. — In den tertiären Terrains geht die Infiltration noch leichter vor ſich, als in allen älteren Formationen, und ſie ſind daher auch der Entſtehung der Quellen viel günſtiger. Der plaſtiſche Thon und der ihm zugehörige Sand, der Grobkalk, der kieſelige, kalkige, grüne Sand, welcher den Thon vom Grobkalke trennt, der ſpäthige und kieſelige Kalkſtein, der Gyps und ſein unterer Mergel, die großen Mergel- und Thon-Ablagerungen, der quarzige Sand und deſſen Sandſteinmaſſen, endlich die Mühlſteine und ihr Thon, alle dieſe Formationen erhalten zwiſchen ihren Auflagerungsflächen nach den Höhen, in welchen ſie vorkommen, und nach ihren verſchiedenen örtlichen Beſchaffenheiten mehr oder weniger große Waſſermaſſen, die hinſichtlich ihrer Eigenſchaften und der Subſtanzen, die ſie aufgelöſt enthalten, eine conſtante Uebereinſtimmung mit einander zeigen. Die gewöhnlichen Salze, die man nach den verſchiedenen Formationen (in welchen die Waſſer vorhanden ſind) darin findet, ſind kohlenſaurer Kalk, ſchwefelſaurer Kalk, ſchwefelſaure Bittererde, ſchwefelſaures und kohlenſaures Eiſen, und manchmal enthalten ſie auch geſchwefeltes Waſſerſtoffgas. Allein, alle dieſe Beſtandtheile finden ſich in ſo kleinen Antheilen, daß dieſe Waſſer die Seife vollkommen auflöſen, und daß ſich Gemüſe ſehr leicht darin kochen. Die zwiſchen dem Thone und der Kreide befindlichen Waſſer ſind ſehr rein, und man entdeckt mittelſt der Reagentien nur ſehr leichte Spuren von erdigen Salzen darin. Die in den Schwefelkies führenden Flötzen, oder in Lignit und Thonflötzen eingeſchloßenen Waſſer, enthalten ſchwefelſauren Kalk, — Eiſen, — Bittererde, — Thonerde, ſalzſaures Natron u. ſ. w. Manchmal entwickelt ſich aus dieſen Waſſern, wo ſie zu Tage austreten, Schwefel- und Waſſerſtoffgas; hat ſich dieſes aber einmal entbunden, ſo werden die Waſſer durch die Berührung mit der atmoſphäriſchen Luft ſehr gut. Die im grünen, chloritiſchen Sande des Grob-Kalkes befindlichen Waſſer ſind von derſelben guten Beſchaffenheit wie in der Kreide. Die im

Gypſe vorkommenden aber enthalten immer Selenit oder ſchwefelſauren Kalk (ſpäthigen Gyps), löſen die Seife nicht auf und auch Zugemüſe laſſen ſich nicht darin kochen, und eben ſo verhalten ſich auch die Waſſer in den großen Thonmaſſen, die auf dem Gypſe liegen. Die Waſſer im Süßwaſſer-Kalke ſind von verſchiedener Beſchaffenheit, nach den Mergel- und Stinkſtein-Flötzen, in welchen ſie ſich befinden. Fehlen dieſe Flötze der Formation ganz, ſo ſind die Waſſer rein und ſüß. Kommen aber die Stinkmergel häufig darin vor, ſo werden die Waſſer ſchweflig. Die in dem thonigen Lehm der Mühlſteine befindlichen Waſſer dagegen ſind ſehr gut und beinahe ganz rein, wenn nur der Boden, in dem ſie einſickern, nicht ſchlammig iſt. Die Eigenſchaft, über die Oberfläche der Erde empor zu ſteigen und Springquellen zu bilden, haben beſonders jene Waſſer, welche in der Kreide und im Thone, im Grünſande und im Grobkalke, dann in den dieſen bedeckenden Mergeln vorkommen. Allein dazu iſt noch erforderlich, daß der Boden nicht mit tiefen Thälern durchſchnitten iſt, wodurch an den Abhängen der Hügel verſchiedene Formationen entblößt und das Abfließen der Waſſer erleichtert wird, oder daß die oben angegebenen Formationen tief liegen und von jüngern bedeckt werden. Im Allgemeinen haben die Waſſer aller dieſer Terrains die mittlere Temperatur des Ortes, wo ſie entſpringen, und ſind im Vergleiche mit den heißen Quellen kalt. Jedoch findet man in 30 bis 40 und 50 Klafter Tiefe eine conſtante Temperatur von 12, 13 und 14° C. (S. d. Folg.). — Quellen im aufgeſchwemmten Lande. So wie die vorigen Terrains, enthält auch das aufgeſchwemmte Land ſehr viele ſüße Waſſer. Am ſparſamſten kommen ſie jedoch (aus ſchon früher angegebenen Urſachen) in Ablagerungen von Sand und Gerölle vor, wenn dieſelben nicht von Thon oder ſandigen Thonſchichten durchſetzt werden. Wo dieß nicht der Fall iſt, dringen die Waſſer in dieſen Ablagerungen ein, verbreiten ſich im Sande und werden nun durch die mergligen oder tuffartigen Thonſchichten zurückgehalten, wo ſie ſich in Maſſen ſammeln, die man durch Anlegung arteſiſcher Brunnen ſucht. Am häufigſten finden ſich die Quellen in den Auflagerungsflächen dieſer Terrains auf einer älteren Formation. Die Ablagerungen der aufgeſchwemmten Terrains ſind oft von großer Mächtigkeit und ohne allen Zuſammenhang oder Conſiſtenz durch die ganze Maſſe. Sie bilden manchmal Schlünde und Keſſel, in welchen Bäche und Flüſſe verſiegen, ſich dann tiefer unten ausbreiten, bis ſie Auswege finden, um neue Bäche oder Flüſſe zu bilden. Zuweilen zeigen ſich in angeſchwemmten Terrains auch natürliche Spingquellen, deren Waſſer ungezweifelt aus höheren Gegenden und ſehr wahrſcheinlich aus Flötz- oder Urformationen kommen. — Quellen in vulkaniſchen Terrains. In den oberen Theilen der vulkaniſchen Terrains finden ſich ſehr wenige Quellen, jedoch gibt es manchmal Seen und Waſſerflächen auf den Plateaus und in den vormaligen Kratern von Vulkanen, oder in von Lavaſtrömen verdämmten Thälern. Außerdem haben die vulkaniſchen Berge zuweilen Höhlen in ihrem Innern, die unterirdiſche Waſſerbehälter oder Seen einſchließen, wie manche natürliche Springquellen, und dann die Ausbrüche von manchmal heißen

und ſalzigen Waſſerſtrömen und Schlammauswürfe der Vulkane bei Eruptionen beweiſen. In den Trachyt-Terrains und in den Maſſen von vulkaniſchen Auswürflingen kommen viele Mineralwaſſer und warme Quellen vor, die hinſichtlich ihrer Temperatur und der ihnen beigemengten Subſtanzen ganz dieſelbe Beſchaffenheit haben, wie die Waſſer in den Urgebirgen, aus welchen wahrſcheinlich der größte Theil derſelben entſpringt. Dieſe Waſſer ſind mehr oder weniger mit Schwefel-Waſſerſtoffgas, Kohlenſäure, kohlen- und ſalzſaurer Soda, kohlenſaurem Kalk, Kieſelerde u. ſ. w. überladen. Auch an den Meeresküſten findet man an vielen Orten Quellen von ſüßem Waſſer, die bei der Ebbe bemerkbar werden, und dann mit mehr oder weniger Heftigkeit und Reichhaltigkeit fließen. Selbſt mitten im Meere entſpringen manchmal Quellen von ſüßem Waſſer, die ſich bei ruhiger See bemerkbar machen. (S. oben.) Alle dieſe Quellen an den Küſten und auf Inſeln, wenn ſie von ſelbſt ſpringen, können nur aus höher liegenden Waſſerbehältern auf dem feſten Lande kommen, mit welchen ſie mittels heberförmiger, unterirdiſcher Röhre oder Canäle in Verbindung ſtehen. Die Keuperformation iſt nach Bruckmanns Erfahrung im Allgemeinen der Anlegung von Bohrbrunnen ungemein günſtig, und man darf mit großer Wahrſcheinlichkeit auf das Gelingen der letztern rechnen, wenn man in ihr operirt. Sie enthält zwiſchen ihren verſchiedenen Auflagerungsflächen, beſonders in dem bunten thonigen Keupermergel, (zum Theil dunkelrothen eiſenſchüſſigen Mergel), oft in nicht beträchtlichen Tiefen, Waſſerſchichten von meiſt großer Ausbeute und Steighöhe. Die Waſſerſchichte der Bohrbrunnen in Heilbronn wurde unter Keupermergel erſchrottet, bei dem Uebergange des Keupers in geſchichteten und klüftigen Muſchelkalk u. ſ. w.

Sowohl bei den gebohrten als bei den gegrabenen Brunnen kommt es häufig vor, daß ſich das aufgefundene Waſſer emporhebt, zuweilen bis über die Oberfläche der Erde. Da dieſes namentlich auch bei den in Artois gebohrten Brunnen der Fall iſt, ſo hat man auch wohl nur vorzugsweiſe diejenigen Bohrbrunnen arteſiſche genannt, bei denen eine ſolche Erhebung des Waſſers ſtattfindet. Der Grund dieſes Aufſteigens iſt in den örtlichen Verhältniſſen zu ſuchen, wie ſie oben angezeigt worden.

Die Anlegung der arteſiſchen Brunnen iſt in neuerer Zeit erſt zu einer ſolchen Vollkommenheit gediehen, daß man auch in minder günſtigen Terrains Bohrbrunnen anlegen kann, indem bis zu der nöthigen Tiefe gebohrt wird. Es wird zuerſt ein Schacht angelegt, welcher durch das obere lockere Erdreich geht, um die Operation mit größerer Leichtigkeit ausführen zu können. Wenn man einen gewöhnlichen Brunnen zu Bohrverſuchen benutzt, ſo iſt die Anlegung des Schachtes überflüſſig. In dieſem Schachte wird ein paſſendes Gerüſt aufgeſchlagen, um den Bohrer einzutreiben. Je nach der Beſchaffenheit des Geſteines, durch welches man gehen muß, hat man verſchiedene Bohrer. Der gewöhnlichſte Bergbohrer hat die Form eines ſtarken Meiſels, und die Art wie er in Anwendung gebracht wird, iſt, daß man ihn mit dem Bohrge-

ſtänge mit Gewalt herabfallen läßt, und zugleich in eine drehende Bewegung ſetzt. Außerdem hat man noch mehre Geräthſchaften bereit zu halten, welche in beſonderen Fällen zur Anwendung kommen, die aber hier nicht näher beſchrieben werden können.*) So lange man nur durch harte Erdſchichten oder durch feſtes Geſtein bohrt, bleiben die Wandungen des Bohrloches von ſelbſt ſicher ſtehen. In lockerem Geſtein und Erdreich fallen aber von der Seite Stücken nach, deren Fortſchaffung oft ſehr ſchwierig iſt, wenn ſie beim Weiterbohren über den Bohrer fallen, und die oft das Bohrloch gänzlich wieder verſtopfen würden. In dieſem Falle müſſen in das Bohrloch Röhren eingeſenkt werden, welche das Nachſtürzen verhindern.

Die allerälteſten Bohrbrunnen gibt es vielleicht in China. Dieſes wunderbare Land iſt an Bohrbrunnen ſehr reich, und es wird von demſelben ſo vieles faſt unglaubliches erzählt, daß man nur bedauern muß, daß wir bis jetzt noch keine wiſſenſchaftlich ſtrengere, von einem Naturkundigen angeſtellte Beobachtungen über dieſelben haben. Ein Miſſionär Imbert hat uns genauere, aber oft ans Fabelhafte grenzende Nachrichten über dieſe Brunnen gegeben. Auf einem Raume von etwa 40 bis 50 franz. Quadratmeilen ſollen ſich im Bezirke von Ou-Tong-Kiaò einige Zehntauſend ſolcher Brunnen befinden, welche 15 bis 1800 franz. Fuß Tiefe, und 5 bis 6 Zoll Durchmeſſer haben. Da dieſe Löcher mit einer Art Stahlkeule eingetrieben werden, ſo vergehen wenigſtens 3 Jahre, ehe ein ſolches zu Stande kommt. Alle dieſe Brunnen ſind zur Auffindung von Salzwaſſer angelegt, welches mittelſt Pumpen herausgefördert wird. Aus allen entwickelt ſich brennbare Luft (Waſſerſtoffgas), und einige geben keine Soole, ſondern nur brennbare Luft. Sie werden Feuerbrunnen genannt. Auf die Oeffnung derſelben ſetzt man ein Bambusrohr, und zündet die aus dieſem ſtrömende Luft an, welche ununterbrochen in einer 3 bis 4 Zoll hohen, 1 Zoll dicken bläulichen Flamme brennt. Bei der Bohrung der Salzbrunnen findet man in der Regel in der Tiefe von 1000 Fuß ein harziges Oel, das im Waſſer brennt.**) In einem Thale ſollen ſich be-

---

*) Das Bohren der arteſiſchen Brunnen näher zu beſchreiben, iſt Gegenſtand der Technik. Man kann ſich über daſſelbe ausführlich belehren durch Bruckmanns „Vollſtändige Anleitung zur Anlage u. ſ. w. der arteſiſchen Brunnen. Heilbronn 1833.“ Ein in günſtigen Fällen hinreichender Bohr-Apparat beſteht nach Bruckmann in folgenden Inſtrumenten: 2 kleine Meiſelbohrer, jeder zu 4 Zoll Durchmeſſer; 1 kleiner Kreuzbohrer; 1 Bohrbüchſe; 1 Schmandlöffel; 1 einfacher Krätzer; 1 Fangſcheere; 1 großer Wirbel; 1 kleiner Wirbel; 1 Abfangſcheere; 2 Bohrſchlüſſel; 11 Bohrſtangen, jede zu 15 Fuß Länge; 1 Meiſelſtange, 13½ Fuß lang; 3 Aufſatzſtückchen von 2 Fuß, 4 Fuß und 6 Fuß Länge; 1 Bohrkrücke, 2¾ Fuß lang.

**) Das übelriechende Oel wird zur Beleuchtung der Hallen und Werkſtätten

ſonders 4 Feuerbrunnen auszeichnen. Sie lieferten früher auch Soole, welches jetzt nicht mehr der Fall iſt. Als man vor einigen Jahren einen dieſer Brunnen bis auf 3000 Fuß Tiefe weiter bohrte, um neue Salzſoole zu finden, drang plötzlich eine ungeheuere Luftſäule empor, welche ſich in zahlloſe ſchwärzliche Theilchen auflöſte, gleich dem Dunſte eines glühenden Ofens.*) Auch in Afrika ſoll es Bohrbrunnen geben, welche Soole liefern.

---

bei den Salinen benutzt. Die Mandarinen kaufen es um Felſen unter dem Waſſer zu calciniren (?). Wenn ein Schiff Schiffbruch gelitten hat, ſo taucht man einen Stein in dieſes Oel, zündet es an, und wirft den Stein ins Waſſer. Nun ſucht ein Taucher das Koſtbarſte was auf dem Fahrzeuge war.

*) Ueber dem Bohrloche des Brunnens iſt eine Einfaſſung von einem behauenen Steine, der 6 bis 7 Fuß Höhe hat, damit nicht jemand das ausſtrömende Gas anzünde, welches Unglück ſich 1827 wirklich ereignete. Der Brunnen befindet ſich in der Mitte eines geräumigen Hofes, und 4 großer Hallen oder Werkſtätten, in denen ſich die Pfannen befinden, um die Soole einzuſieden. Als die Entzündung an der Mündung des Brunnens vor ſich ging, fand eine fürchterliche Erploſion ſtatt, welche von einer ſtarken Erderſchütterung begleitet war, in demſelben Augenblicke ſtand die ganze Hofesfläche in Feuer. Die Flamme war etwa 2 Fuß hoch und bedeckte die ganze Fläche des Bodens. Vier Männer opferten ſich, und trugen einen ungeheuren Stein auf die Mündung des Brunnens; er flog ſogleich in die Luft. Drei Männer verbrannten, und einer entkam. Weder Waſſer noch Kalk konnte das Feuer löſchen. Endlich ſchaffte man nach 14 Tagen unausgeſetzter Arbeit Waſſer in großer Menge auf einen benachbarten Berg, bildete einen großen Behälter, deſſen Waſſer man plötzlich losließ; es löſchte das Feuer ſogleich aus. — An den 4 Seiten dieſes Brunnens ſind 1 Fuß hoch über der Erde vier außerordentlich große Bambusröhren, welche die Luft unter die Siedepfannen leiten. Dieſer einzige Brunnen bringt über 300 Pfannen zum Sieden, wovon jede unter ihrer Mitte eine Bambusröhre hat, welche die Feuerluft leitet und ſich in eine Röhre von gebranntem Thone endigt, die einen Zoll große Löcher hat. Die Straßen, Hallen und Werkſtätten werden mittelſt Bambusröhren von der brennbaren Luft erhellt, und da man nicht alles Gas, welches aus dieſen Brunnen ſtrömt, ganz verwenden kann, ſo wird der Ueberſchuß über die Umgebung der Saline durch eine Röhre hinaus geleitet, an deren Mündung es noch große Feuergarben bildet, die in einer Höhe von 2 Fuß dahinflackern. Die Bodenfläche des Hofes iſt außerordentlich heiß; ſie brennt unter den Füßen. Selbſt im Winter gehen die Arbeiter halb nackt. Dieſes Feuer iſt außerordentlich wirkſam. Die gegoſſenen und mehre Zoll dicken Pfannen werden in wenigen Monaten calcinirt. Es erzeugt keinen Rauch, aber einen ſtarken Harzgeruch, den man über 2 franz. Meilen weit riecht. Die Flamme iſt röthlich, ſie bleibt an der Mündung der Röhre nicht feſt, ſondern hüpft ungefähr 2 Zoll über derſelben. Im Winter gra-

Der erſte, durch den die Bohrbrunnen bekannter wurden, war Caſſini. Er erzählte von Bohrbrunnen in Niederöſtreich am Fuße des ſteiermärkiſchen Gebirges, ſo wie von den Bohrbrunnen zu Modena und Bologna. An einigen Orten im Gebiete dieſer Städte, ſagt er, gräbt man um ſpringendes Waſſer, ja ſogar die tiefſten Brunnen zu erhalten, die Erde ſo tief auf, bis ſie von der Gewalt des Waſſers, welches fließt und von unten drückt, angeſchwollen zu ſein ſcheint. Nun erbaut man eine doppelte Schachtmauer, und fährt dann fort in der Richtung derſelben weiter zu bohren, bis zu dem Augenblicke, wo man die Quelle anbohrt. Mittelſt eines langen Bohrers wird endlich die Waſſerdecke durchſtoßen. Zieht man nun den Bohrer heraus, ſo ſtrömt das Waſſer mit Heftigkeit hervor, füllt den Schacht ganz aus und bewäſſert, da es ununterbrochen ſtrömt, alle benachbarten Felder. Caſſini hat auch ſelbſt im Fort Urban einen Bohrbrunnen angelegt, deſſen Waſſer 15 F. über die Erdoberfläche ſprang.

In Frankreich wurde, wie ſchon geſagt, die Kunſt des Brunenbohrens zuerſt allgemeiner verbreitet und zuerſt vervollkommnet. Seitdem hat ſie ſich auch in Deutſchland, England und Nordamerika ausgebreitet. In England ſind die Bohrbrunnen beſonders häufig, wozu vorzüglich der Umſtand Veranlaſſung gab, daß die früher gebräuchlichen Brunnen ein ſehr ſchlechtes, durch verſchiedene Subſtanzen verunreinigtes Waſſer gaben, während man aus den Bohrbrunnen das ſchönſte Waſſer gewinnt. Es gibt zu London eigene Bohrbrunnenmeiſter, welche für feſtgeſetzte Preiſe in allen Grafſchaften Englands Brunnen anlegen. Sie behaupten, daß ſich, wenn man nur bis zur gehörigen Tiefe niedergehe, an allen Orten Springbrunnen auffinden laſſen müßten. Dieß mag in Bezug auf England, in Folge deſſen geognoſtiſcher Beſchaffenheit vielleicht richtig ſein. Es werden Bohrbrunnen von 50 bis 150 Metres angeführt, aber bei weitem nicht alle geben über die Erdoberfläche ſpringendes Waſſer, bei vielen müſſen Pumpenwerke angebracht werden.*)

---

ben die armen Leute, um ſich zu erwärmen, ungefähr 1 Fuß tief in die Erde oder in den Sand, ſetzen ſich um dieſes Loch herum, und zünden mit brennendem Strohe das Gas an, welches aus der Mitte heraus ſtrömt. Sie füllen hernach dieſes Loch mit Sand aus, und das Feuer erliſcht.

*) Einige engliſche Bohrbrunnen ſind beſonders merkwürdig, ſo z. B. der des H. Brook zu Hammerſmith. Nachdem dieſer den Boden in ſeinem Garten auf eine Tiefe von 360 Fuß, bei einem Durchmeſſer von 4½ Z. durchbohrt hatte, ſo erhielt er einen ſo reichlichen Waſſerſtrahl, daß das ziemlich geräumige Terrain, auf welchem ſein Haus erſt erbaut worden war, ganz mit Waſſer bedeckt wurde. Alle Küchen unter der Erdfläche waren in einer Umgebung von mehr als 50 Toiſen in der Runde unter Waſſer geſetzt, und der Uebelſtand war ſo groß, daß ſich die Obrigkeit auf eine große Menge von Klagen hin darein legte, und die Beſorgniß ausdrückte, die Häuſer möchten in den Boden verſinken, oder von unten zerſtört wer-

Amerika beſitzt viele und ſehr alte Bohrbrunnen. So ſoll es zu Hartfort in Connecticut einen durch Kunſt hervorgebrachten Brunnen geben, deſſen Waſſer ſeit mehr als 100 Jahren aus einem Bohrloche quellen, das man in einem 70 Metres tiefen Brunnen erbohrt, und deſſen Oeffnung man mittelſt Schießpulver erweitert habe. Auch ſollen in den Vereinigten Staaten den chineſiſchen ähnliche Gasquellen ſich befinden, deren Gas zur Beleuchtung der Häuſer und Straßen benutzt wird.

Neuere in Deutſchland gebohrte Brunnen befinden ſich namentlich in Heilbronn, Erlangen, Nürnberg, Crailsheim, bei Wien (viele Bohrbrunnen in dieſer Gegend ſollen ſchon über ein Jahrhundert alt ſein), Langenbrücken in Baden, bei Stuttgart, in Würzburg und an verſchiedenen andern Orten.

Nach den Erfahrungen der Brunnenbohrer braucht man ſich nicht zu begnügen, wenn man beim Bohren auf eine nur ſchwach ſich emporhebende Quelle gekommen iſt; ſehr häufig findet man beim weiteren Niedergehen noch mehre Quellen in verſchiedenen Tiefen, welche eine größere Druckhöhe zeigen. So kam man in Nürnberg beim Bohren nach und nach auf 7 Quellen. Die in einer Tiefe von 43 Fuß erbohrte erſte Quelle blieb gegen 12 Fuß unter der Erdoberfläche zurück, und jede der folgenden tiefergelegenen Quellen, äußerte nach ihrer Löſung größere Steighöhe als die vorangegangenen. In einer Tiefe von 100 Fuß wurde die 7te Quelle aufgeſchloſſen, welche die Waſſerſäule 15 Fuß hoch über die Erdoberfläche treibt, und bei unausgeſetztem Ausſtrömen aus einer 4 Fuß über der Erde in der Aufſatzröhre angebrachten Seitenöffnung in jeder Stunde 55 bair. Eimer des vorzüglichſten Waſſers liefert.

Beachtungswerth iſt die Erſcheinung, daß die Bohrbrunnen in der Nähe des Meeres einen Zuſammenhang mit Ebbe und Fluth, nämlich ein tägliches Steigen und Sinken zeigen. Dieſes hat man namentlich in England beobachtet. — Die Unerſchöpflichkeit der arteſiſchen Brunnen geht ſchon aus der Theorie derſelben hervor, wird aber auch durch die Erfahrung beſtätigt. Ein Bohrbrunnen zu Lillers im Departement Pas de Calais z. B. läuft ſeit 1126, und weder die Höhe bis zu welcher er aufſpringt, noch die Waſſermenge, welche er liefert, hat ſich jemals verringert, und ein arteſiſcher Brunnen im Kloſter St. André iſt jetzt noch ganz von derſelben Beſchaffenheit, nach welcher ihn vor mehr als 100 Jahren **Belidor** beſchrieben hat. Nur dann hat

---

den. Zwei Männer verſuchten vergebens dieſen Waſſerſtrom dadurch aufzuhalten, daß ſie in die Röhre ein Stück pfropfförmig geſchnittenen Holzes eintrieben, welches jedesmal wieder heraus geworfen wurde. Ein dritter Arbeiter war nicht glücklicher, man nahm Eiſen ſtatt des Holzes, alle Bemühungen waren unzulänglich. Endlich ſchlug ein Ingenieur vor, Röhren von einem immer kleineren Durchmeſſer in einander zu ſchieben, und man gewältigte endlich den heftigen Waſſerandrang, welcher die lebhafteſten Beſorgniſſe und ſogar ernſtliche Verheerungen verurſacht hatte.

man (z. B. in Heilbronn) eine Verminderung der Steigkraft der Bohrbrunnen beobachtet, wenn in derſelben Gegend zu viele Bohrbrunnen angelegt wurden. *)

Die größere Verbreitung der Bohrbrunnen iſt hauptſächlich eine Folge des Umſtandes, daß man in neuerer Zeit die vielfache und außerordentliche Nützlichkeit der erbohrten Waſſer erkannt hat. Anfänglich bohrte man dieſe Brunnen nur zur Benutzung für den Ackerbau. Jetzt benutzt man ſie in den Fabriken als bewegende Kraft, oder um ſtets klares und weiches Waſſer zu haben, vorzüglich aber auch wegen des Umſtandes, daß das fortwährend ſich erneuernde Waſſer eine immer, Sommer und Winter ſich gleichbleibende Temperatur von 9 bis 12° R. hat. Man hat in Werkſtätten dieſes Waſſer in offenen Röhren herumgeleitet, und denſelben dadurch eine gleichmäßige Temperatur ertheilt, welche im Sommer unter, im Winter über der der Atmoſphäre ſteht, alſo daß ſie im Sommer kühl, im Winter warm ſind. Auf dieſe Art heizte **Bruckmann** einen Raum von 82800 Cub.-Fuß mit dem Waſſer eines Bohrbrunnens, und fand, daß bei einer äußern Temperatur der Luft von — 25° R., in jenem Raum das Thermometer noch auf + 4° R. ſtand. Im Sommer ſteigt in einem ſolchen Raume die Temperatur nie über 10° R.**) Das umlaufende Waſſer reinigt zugleich die Luft in den Arbeitsſälen, und dient im Fall einer Feuersbrunſt als Löſchungsmittel. Man hat auch das Waſſer der arteſiſchen Brunnen benutzt, um im Winter die Gartenpflanzen vor dem Froſte zu ſchützen und um Wintergärten anzulegen. Noch wichtiger iſt die von **Bruckmann** gemachte Anwendung dieſes Waſſers, um Waſſerräder von dem Eiſe frei zu halten. Bekanntlich frieren dieſe Räder im Winter ein, und das Abeiſen derſelben iſt ein eben ſo läſtiges als ſchwieriges, zuweilen ganz unausführbares Geſchäft. **Bruckmann** ließ nun oberhalb der Waſſerräder hölzerne durchlöcherte Röhren anbringen, in die er das Waſſer eines benachbarten arteſiſchen Brunnens leitete, welches auf die Räder träufelte. Die Räder beeiſten nun auch bei

---

*) Noch mag hier erwähnt werden, daß es auch Bohrlöcher gibt, welche in einem den arteſiſchen Brunnen gerade entgegengeſetzten Sinne ſich wirkſam zeigen, nämlich durch unausgeſetztes Einſaugen von Flüſſigkeit. So entledigte ſich ein Kartoffelſtärke-Fabrikant bei St. Denis mittelſt eines bis auf gewiſſe poröſe Erdſchichten niedergebohrten Loches täglich einer Maſſe von 88000 Litres ſchmutzigen Waſſers, deſſen Geſtank zu Klagen Anlaß gegeben hatte. Nachdem das Loch 3 Monate lang täglich die erwähnte Waſſermenge aufgenommen hatte, fand man mit dem Bohrer unten nur Sand. Sollte man mittelſt Bohrlöcher nicht Moore auszutrocknen vermögen, wenn Sandſchichten unter dem Thonlager liegen?

**) In Montmorency wird das Waſſer eines großen Sees, in welchem früher wegen zu großer Wärme im Sommer die Fiſche abſtarben, durch rings um denſelben angelegte arteſiſche Brunnen abgekühlt.

der ſtrengſten Kälte nicht mehr, und die vorher beeiſten Räder waren in wenigen Stunden vom Eiſe befreit. Hierzu wurde daſſelbe Waſſer verwendet, welches ſchon vorher zur Heizung in angegebener Weiſe gedient hatte. In den Oel- und Mahlmühlen kann man auch durch das Waſſer der rteſiſchen Brunnen die Saamen und Früchte, welche man netzen muß, ehe man ſie unter den Stein bringt, vor dem Froſte ſchützen.

Die natürlichen Quellen zeigen noch eine Menge beſonderer Eigenthümlichkeiten, welche bemerkenswerth ſind. So kommt bei vielen in der Nähe des Meeres ein ähnlicher Zuſammenhang mit Ebbe und Fluth vor, wie dieſes in England bei den arteſiſchen Brunnen beobachtet worden. Offenbar geht hieraus ein Zuſammenhang jener Quellen ſelbſt mit dem Meere hervor, und wenn dieſe Quellen ſüßes, nicht ſalziges Waſſer haben, ſo wird davon die Urſache offenbar die Filtrirung ſein, welche das Waſſer des Meeres bis zum Urſprunge der Quellen erfährt. Gewiſſe Brunnen kommen zu Anfange des Frühlings hervor, und verſiegen wieder gegen das Ende des Winters, ſie heißen Maibrunnen. Die Hungerquellen ſind derartige Quellen, welche, wenn ſie ſehr reichlich fließen, ein Mißjahr weiſſagen ſollen. Dieſe Quellen verdanken ihren Urſprung dem auf den Gebirgen angeſammelten Schnee, welcher im Sommer ſchmilzt und deſſen Waſſer in die Erdſchichten einſickert. Am Comer-See in Oberitalien iſt eine Quelle, welche alle Stunden regelmäßig ab- und zunimmt. Der Bullerborn im Paderbornſchen fließt im Sommer nur von 6 zu 6 Stunden. Auf dem Berge Piro in Peru läuft die Quelle Naquio nur bei der Nacht; hat es aber kurz vorher geregnet, auch bei Tage. Die Quelle Fontestorbe in Mirepoix fließt in den Sommermonaten Juni, Juli und Auguſt abwechſelnd 36½ Minuten, und ſetzt dann 32½ Minuten aus. Tritt naſſes Wetter ein, ſo fließt ſie auch gleichförmig, und ſchon ein Regen von 2—3 Tagen kann bei ihr, wenigſtens für 10—12 Tage, eine beſtändige Ergießung hervorbringen. Als im Winter des Jahres 1692 zwei Monate hindurch kein Regen- und Thauwetter eintrat, ward die Quelle gleichfalls ausſetzend. Die Quelle von Fonſanche bei Nismes, in der Nachbarſchaft des Fluſſes Vendourle, gibt in 24 Stunden zwei Mal Waſſer, und ſetzt eben ſo oft aus. Jede Ergießung dauert ſieben, das Ausſetzen fünf Stunden, jedoch ſo, daß ſich beides jeden Tag um 50 Minuten verſpätet. Bloß nach einen ſtarken Regen wird dieſe Quelle beſtändig. Die Quelle von Senez in der Provence ſetzt jedesmal ſieben Minuten aus. Im Jahre 1755 bei dem großen Erdbeben von Liſſabon ward ſie gleichförmig fortfließend, fing aber 1763 an wieder auszuſetzen. Bei Aelen im Canton Bern ſoll eine Quelle ſein, die nur alle ſieben Jahre einige Wochen fließt. Bei Wattis in Graubünden brechen vom April bis September aus einem Felſen zwei Quellen, jede 25 Schritte von der andern, hervor; in den übrigen Monaten verſiegen ſie. Merkwürdiger noch als alle vorige iſt der Engſtlerbrunnen im Canton Bern, deſſen Ergießungen auf eine doppelte Weiſe, nämlich nicht nur jährlich, ondern auch täglich unterbrochen werden. Die jährlichen

dauern von der Mitte des Mais bis zur Hälfte des Auguſts; die täglichen von vier Uhr Nachmittags, die Nacht hindurch, bis acht Uhr des Morgens. Doch wird dieſes regelmäßige Abſetzen zuweilen auch unregelmäßig. Bei Putſchlaf in Graubünden gibt es Quellen, die bei trockener Witterung Waſſer haben, bei Regenwetter aber verſiegen. Zu den periodiſchen Quellen gehören auch die vulkaniſchen Quellen auf Island, welche überdieß noch die Eigenthümlichkeit haben, daß ſie heißes Waſſer bis auf 100 Fuß in die Luft ſpritzen. Sie heißen bei den Eingebornen Geiſer, und vorzugsweiſe zeichnet ſich eine dieſer Quellen, der große Geiſer oder ſchlechthin der Geiſer genannt, aus.*)

Die am Tage ausſetzenden und nur des Nachts laufenden Quellen hat man ſo erklärt, daß man annimmt, ſie leiten ihren Urſprung von Gebirgslagern her, welche ihr Waſſer von dem am Tage ſchmelzenden Schnee und Eis erhalten. Gegen Abend hat ſich dann genug Waſſer geſammelt, um als Quelle zum Vorſchein zu kommen. Andere regelmäßig ausſetzende Quellen erklärt man aus dem Vorhandenſein heberförmiger Kanäle. Gibt es nämlich unter der Erdoberfläche eine Höhle, in welche ein ſolcher Heber mit dem kürzern Schenkel unten mündet, und in der ſich Waſſer anſammelt, ſo wird dieſes ſich durch den heberförmigen Kanal nicht eher ergießen, als bis er in der Höhle über die höchſten Punkte des Hebers zu ſtehen kommt, dann aber ergießt dieſer ſich

*) Mackenzie gibt folgende Nachrichten. An der Oſtſeite eines nicht über 300 Fuß hohen Hügels ſind verſchiedene Thonbänke, wo an verſchiedenen Stellen Brodem heraus ſteigt, an andern in Höhlungen Waſſer lebhaft kocht. Auf dem Gipfel des Hügels iſt ein Baſſin, 40 bis 56 Fuß breit. Ein Viertel vor drei Uhr Nachmittags am 27. Juli war daſſelbe voll heißen Waſſers, welches ein wenig überlief. Nach längerer Zeit ertönte ein Schall wie von einer Kanone; der Boden erbebte, ſchnell und unregelmäßig wiederholte ſich der Schall, das Waſſer erhob ſich verſchiedene Male, plötzlich ſtieg eine große Säule von Dampfwolken begleitet 10 bis 12 Fuß hoch empor, borſt und fiel zurück; hierauf erhoben ſich etwa 18 Waſſerſäulen nach einander, keine über 50 Fuß hoch, die 5 Minuten anhielten. Nach dem letzten heftigſten Strahle verſchwand das Waſſer plötzlich im Baſſin, und lief in eine Röhre in der Mitte derſelben. Der Boden des Baſſins war heiß und trocknete ſchnell. Das Waſſer war etwa 10 Fuß tief in die Röhre geſunken, und ſchien ſich langſam wieder zu heben. Die Röhre hatte 10 oben 16 Fuß Weite, das Baſſin 3 Fuß Höhe; die Röhre mehr als 60 Fuß. Die Röhre war 29 Minuten vor 6 Uhr voll, das Waſſer hatte eine Temperatur = 209° F. Nun füllte ſich auch das Baſſin wieder, es ſtiegen von Zeit zu Zeit Strahlen bis zur Höhe von 40 Fuß auf, ohne daß nachher das Waſſer fiel. Die Reiſenden übernachteten in der Nähe des Geiſers. Bald nach 4 Uhr des Morgens ſahen ſie an einer vorher unbeachteten Stelle eine Säule unter heftigem Getöſe und vielem Brodem ſich bil-

mit einmal und zwar ſo lange, bis die Höhle geleert iſt. Nachher ſammelt ſich das Waſſer aufs neue in der Höhle, und die Quelle ſetzt aus, bis in der Höhle das Waſſer die zu einem neuen Ergießen erforderliche Höhe erreicht hat. (Vergl. Heber.)

Außer den Geiſern auf Island gibt es noch andere Quellen, welche als natürliche Springbrunnen zu betrachten ſind. So entſtand vor 80 Jahren durch Zufall eine 6 Fuß hoch ſpringende Quelle zu St. Venant in Frankreich, welche aus einer Tiefe von 200 Fuß kam, als man mit einem eiſernen Stab ein Loch in den Boden machte. Eigentlich iſt dieſe Quelle alſo ein arteſiſcher Brunnen. Die Erklärung ſolcher Quellen iſt dieſelbe, wie die der arteſiſchen Brunnen. Bei den intermittirenden ſcheint aber noch der Luftdruck mit zu wirken. Iſt nämlich im Innern der Erde eine Waſſeranſammlung, welche zugleich Dampf oder Gas entwickelt, ſo wird dieſe durch den Druck des Dampfes durch eine zufällige röhrenförmige Oeffnung herausgetrieben, bis die Höhlung nur noch mit Gas oder Dampf erfüllt iſt, der nun empor ſteigt, bis ſich Waſſer genug angeſammelt hat, und die untere Mündung der Röhre verſchließt, dadurch das Gas oder den Dampf abſchließt, bis dieſer ſich durch Herauswerfen des Waſſers wieder Bahn bricht.

Die Temperatur derjenigen Quellen, welche aus nur geringen Tiefen kommen, ändert ſich mehr oder weniger ſchnell mit derjenigen der Atmoſphäre. Alle Quellen hingegen, welche aus bedeutendern Tiefen hervorkommen, zeigen eine im Sommer und Winter ſich gleichbleibende Temperatur, welche ſie von der Temperatur der Erde erhalten, die in geringen Tiefen ebenfalls unveränderlich wird (ſ. d. Art. Erde). Im Allgemeinen hat man eine Uebereinſtimmung der mittleren Temperatur der Orte mit der gleichbleibenden Temperatur der an ihnen

---

den. Sie ſchien aus Dampf und Schaum zu beſtehen, war ganz weiß und erhob ſich bis zu 60 Fuß Höhe. Gegen 7 Uhr verſchwand ſie. Stanley, der zuerſt dieſe Quelle beobachtet, hatte ſie den neuen Geiſer genannt. Die Beobachter ſahen erſt in der zweiten Nacht um 12 Uhr einen gewaltigen Ausbruch des alten Geiſers, nachdem er mehrmals aufgewallt. Man vernahm ein heftiges ſchnell ſich wiederholendes Knallen, gleich dem Kanonendonner eines Schiffes zur See. Der Geiſer wüthete darauf heftig, und warf Strahlen bis zu 90 Fuß Höhe empor. „Keiner Zeichnung iſt es möglich, eine Vorſtellung von dem Geräuſche, von der Schnelligkeit der Strahlen und den ſchnell rollenden Dampfwellen zu geben, welche mit erſtaunlicher Heftigkeit eine über die andere geſchleudert wurden.“ Nach dieſer Kraftäußerung ſank das Waſſer wieder in die Röhre, und ließ das Baſſin leer. Nach 9 Uhr tobte auch der neue Geiſer wieder, und warf das Waſſer oft bis zur Höhe von 70 Fuß. Stanley ſah das Waſſer oft bis zu 132 Fuß emporſteigen.

vorkommenden Quellen gefunden. Doch haben ſich von dieſer Regel auch bedeutende Abweichungen gezeigt, welche Humboldt zu dem Schluſſe veranlaßten, daß zwiſchen 40° bis 45° nördl. Br. und bis 3000 Fuß Höhe, beide Temperaturen zuſammenfallen, daß aber unter niederen Breiten die Temperatur der Quellen geringer als die mittlere der Luft ſei, in größeren Höhen und unter höheren Breiten größer. Doch auch von dieſem Erfahrungsſatze hat man bedeutende Abweichungen gefunden, welche einige von vulkaniſchen Einflüſſen ableiten, andere von dem Einfluſſe des Regens, wonach die Quellen wärmer ſein müſſen bei vorherrſchendem Sommerregen und umgekehrt, kälter bei vorherrſchendem Winterregen. Der wahre Grund ſcheint mir die verſchiedene Tiefe zu ſein, aus welcher die Quellen hervorkommen. An allen Orten nimmt nämlich die Temperatur der Erde mit der Tiefe zu, und welches auch die Temperatur des atmoſphäriſchen Waſſers ſein mag, ſo wird dieſes doch, indem es ſehr langſam in die Erdrinde einſickert und ſich endlich an gewiſſen tiefliegenden Orten anſammelt, die Temperatur dieſer Orte annehmen. Das zu Tage ſteigen von dieſen tiefſten Orten geht ſtets ſchneller von Statten als das Einſickern, weil der Ort, wo die Quelle erſcheint, immer niedriger liegen muß, als der Ort wo die Erd- und Steinſchichten zu Tage gehen, in denen das Waſſer herabſinkt; ſie werden alſo je nach der Geſchwindigkeit mit der ſie aus den tiefſten Orten empor kommen, eine von der Temperatur dieſes Ortes wenig abweichende Temperatur zeigen. Um auf eine genaue Weiſe die mittlere Temperatur der Orte auf der Erde, wo die Quellen zum Vorſchein kommen, mit denen der Quellen ſelbſt zu vergleichen, müßte man folglich wiſſen, bis zu welchen Tiefen das Waſſer dieſer Quellen vor dem Erſcheinen herabgeſunken war.

Da indeß die Tiefe, bis zu welcher das atmoſphäriſche Waſſer vor ſeinem Auftreten in Quellen hinabſinkt, überall nur unbedeutend ſein kann, gegen die Größe des ganzen Erdkörpers, der ganze Proceß der Quellenbildung nur an einer ſehr dünnen oberſten Schicht des Erdkörpers vor ſich gehen kann, ſo bleibt eine Zuſammenſtellung der Temperaturen der an den verſchiedenen Orten vorkommenden Quellen immer von Intereſſe, und dieſe Temperaturen ſelbſt können im Allgemeinen keine ſehr bedeutenden Abweichungen von der mittleren Temperatur zeigen. Folgende Tabelle der Quellen-Temperaturen iſt von Kämtz zuſammengeſtellt worden.

Orte.	Breite.	Länge.	Höhe.t.	Temp.	Beobachter.
Maypures	5° 14′	—	—	27°, 65	v. Humboldt.
Kingſton (Jamaica)	18 0	300° 55′	—	26, 67	Hunter.
Cumana	10 27	—	—	25, 63	v. Humboldt.
St. Yago (Capverd. J.)	15 0	0 7	—	24, 44	Smith.
Congo	9 0 S.	—	227 t.	24, 44	Smith.
Darwar	11 28	75 11 0	600	24, 24	Chriſtie.
Havannah	23 9	295 22	—	23, 50	Ferrer.
Otaheiti	17 30 S.	228 4	—	23, 00	A. Erman.
Germa (Sahara)	26 30	—	—	22, 60	Denham.
Cairo	30 2	48 58	—	22, 50	v. Humboldt.
Madera	32 38	0 37	—	18, 73	L. v. Buch.
Natchez	31 28	—	—	18, 30	v. Humboldt.
Teneriffa	28 30	1 8	—	18, 00	L. v. Buch.
Charleſtown	33 0	298 35	—	17, 50	v. Humboldt.
Capſtadt	33 55 S.	36 6	—	17, 22	J. Davy.
Paramatta	33 10 S.	—	—	16, 39	Brisbane.
Palermo	38 7	31 12	—	16, 25	Ungenannter.
Carmeaux	43 0	—	450	13, 00	Cordier.
Philadelphia ...	39 56	302 28	—	12, 67	Warden.
New-York	40 40	303 31	—	12, 67	v. Humboldt.
Pavia	45 11	26 50	—	12, 59	Brugnatelli.
Taganrog	47 12	56 37	—	12, 50	Elſingk.
Cincinnati	39 6	—	—	12, 45	v. Humboldt.
Nicolajeff	46 50	49 40	—	12, 25	Kupfer.
Paris	48 50	20 00	—	11, 88	Kupfer.
Rom	41 54	30 8	—	11, 88	L. v. Buch.
Gosport	50 48	—	—	11, 39	Burney.
Stavropol	45 3	59 39	300	10, 81	Kupfer.
Cork	51 54	9 11	—	10, 67	Hamilton.
San Franciſco (Californ.) ..	37 48	255 34	—	10, 63	A. Erman.
Steinbrücke an d. Malka	43 45	—	417	10, 62	Kupfer.
Moskovskaja Krepoſt	45 3	59 42	—	10, 62	Kupfer.
Albany	42 39	—	20	10, 56	Greig.
Heidelberg	49 25	26 21	60	10, 50	Muncke.
Genf	46 12	23 49	202	10, 40	v. Humboldt.
Potsdam	52 20	30 45	—	10, 10	Erman.
London	51 31	17 34	—	10, 00	Hunter.
Halle	51 29	29 38	—	10, 00	Kämtz.
Straßburg	48 35	25 25	—	9, 80	Herrenſchneider.
Dublin	53 21	11 22	—	9, 67	Hamilton.
Baſel	47 34	25 15	137	9, 50	Merian.
Berlin	52 31	31 4	—	9, 50	Erman.
Cambridge (N. A.)	42 23	17 44	—	9, 44	Williams.
Lowville	43 47	75 25	120	9, 44	Wahlenberg.
Zürich	47 23	26 12	242	9, 40	Wahlenberg.
Keswick	54 33	—	—	9, 23	v. Humboldt.
Erniſco	54 48	—	—	9, 23	Hamilton.

Orte.	Breite.	Länge.	Höhe. t.	Temp.	Beobachter.
Altona	53° 32′	27° 26′	—	9°, 12	Schumacher.
Bellycaſtle	55 12	—	—	8, 89	Hamilton.
Abbotshill (Fife)	56 10	—	—	8, 72	Ferguſon.
Colinton bei Edinb.	55 54	14 24	60	8, 75	Ungenannter.
Ebendaſelbſt				8, 62	
Armagh	54 20	—	—	8, 61	Hamilton.
Edinburg	55 30	14 30	35	8, 61	Roebuck.
Sölvesborg	56 2	32 14	—	8, 60	Engeſtröm.
Carlscrona	56 6	33 11	—	8, 50	Wahlenberg.
Kendal	54 17	—	—	8, 45	Dalton.
Warberg	57 6	29 57	—	8, 30	Engeſtröm.
Londonderry	55 0	9 52	—	8, 28	Hamilton.
Königsberg	54 42	38 9	—	8, 16	A. Erman.
Albisrieden	—	—	—	8, 00	Wahlenberg.
Söderköping	58 25	34 4	286	7, 70	Engeſtröm.
Fayetteville	42 58	—	—	7, 60	Field.
Stockholm	59 20	35 44	—	7, 50	Engeſtröm.
Chriſtianſtad	58 12	31 49	—	7, 50	Engeſtröm.
Sadonsk	52 10	46 35	—	7, 38	Kupfer.
Lubochna Thal	Carpath.	—	279	7, 25	Wahlenberg.
Farder Inſ.	—	—	—	7, 13	Forchhammer.
Nyköping	58 45	34 38	—	7, 00	Engeſtröm.
Stockholm	59 20	35 44	—	7, 00	Berzelius.
Lägſtakrog	59 0	—	—	6, 90	Wahlenberg.
Norwegen, Weſtküſte	60 00	—	—	6, 80	Engeſtröm.
Moscow	55 45	55 13	—	6, 50	Kupfer.
Engelberg	—	—	—	6, 50	Wahlenberg.
Upſala	59 51	35 18	100	6, 50	Wahlenberg.
Rigi, Kaltebad	—	—	507	6, 40	Wahlenberg.
Ullensvang	60 20	—	734	6, 25	Hentiberg.
Kaſan	55 44	49 30	—	6, 25	Kupfer.
Baikhof	56 36	41 4	—	6, 21	A. Erman.
Oſtaſchicha	56 6	62 40	66	6, 21	A. Erman.
Guttannen. (Alp)	—	—	1042	6, 20	Wahlenberg.
Petersburg	59 56	47 59	—	6, 12	Kupfer.
Wladimir	56 0	57 0	83	6, 02	A. Erman.
Kaſan	55 48	67 4	16	6, 00	A. Erman.
Petersburg	59 54	47 59	—	6, 00	A. Erman.
Molde	62 42	23 10	—	6, 00	Engeſtröm.
Pilatus	—	—	682	6, 00	Wahlenberg.
Hochalp	—	—	637	5, 90	Wahlenberg.
Waldai	57 54	50 52	166	5, 71	A. Erman.
Dal-Elf-Mündung	60 30	—	—	5, 70	Wahlenberg.
Bergen	60 24	22 57	—	5, 70	Bohr.
Kluitſchewskaja Selenie	56 18	178 4	66	5, 63	A. Erman.
Slatouſt	57 0	74 40	60	5, 60	A. Erman.
Schwander-Allmend.	—	—	744	5, 60	Wahlenberg.
Schwarzberg-Alp	—	—	779	5, 50	Wahlenberg.
Geſle	60 40	34 43	—	5, 50	Wahlenberg.
Kuſchwa	58 18	77 52	—	5, 27	A. Erman.

Orte.	Breite.	Länge.	Höhe. t.	Temp.	Beobachter.
Niſchni Turinsk	58° 24′	77° 52′	—	5°, 25	A. Erman.
Kilmes	56 54	68 48	50	5, 00	A. Erman.
Martinsbrunn am Mondberge	—	—	709	5, 00	Wahlenberg.
Dreybrunnen (Carp.).........	—	—	556	5, 00	Wahlenberg.
Abo	60 27	39 58	—	5, 00	Leche.
Drontheim........	63 30	26 14	—	5, 00	Esmark.
Hudbiksvoll.......	61 45	34 48	—	4, 80	Wahlenberg.
Botzen (Carp.)...	—	—	566	4, 55	Wahlenberg.
Uſi	57 18	52 54	33	4, 40	A. Erman.
Kisnekejewa	54 30	80 0	154	4, 38	Kupfer.
Otere Malka (Cauc.).........	43 30	—	1283	4, 12	Kupfer.
Pilatus	—	—	877	4, 10	Wahlenberg.
Sandsvall	62 30	—	—	4, 00	Wahlenberg.
Medelpad	62 30	—	—	4, 00	Wahlenberg.
Krasnojarsk......	56 0	110 34	116	3, 91	A. Erman.
Staffelberg	—	—	891	3, 80	Wahlenberg.
Stavnicza (Carp.).........	—	—	816	3, 80	Wahlenberg.
Irkutzk	52 18	121 52	225	3, 75	A. Erman.
Brunni-Alp	—	—	959	3, 70	Wahlenberg.
Unalaſchka	53 55	—	—	3, 60	Chamiſſo.
Roßboden	—	—	1096	3, 50	Wahlenberg.
Räuberbrunnen (Carp.).........	—	—	996	3, 40	Wahlenberg.
Niſchni Tagilsk	58 00	77 0	116	3, 28	A. Erman.
Jedrowa	57 42	51 16	133	3, 12	A. Erman.
Torneo	65 61	41 52	—	3, 00	Hellant.
Blanke Alp........	—	—	996	2, 95	Wahlenberg.
Bogoslawsk......	59 48	78 4	116	2, 94	A. Erman.
Umeo	63 50	37 52	—	2, 90	Wahlenberg.
Niſchnei-Tagilsk	58 0	77 0	103	2, 88	Kupfer.
Tigil...............	57 54	175 40	25	2, 75	A. Erman.
Werchoturie	58 54	77 52	150	2, 65	A. Erman.
Granſele	65 0	—	—	2, 60	Wahlenberg.
Ochotzk	59 20	160 54	—	2, 50	A. Erman.
Perm	58 0	74 4	30	2, 50	A. Erman.
Wadſöe............	70 15	47 32	—	2, 20	Hellant.
Lykſele.............	64 30	—	100	2, 00	Wahlenberg.
Bereſow...........	63 54	82 34	—	2, 00	A. Erman.
Bogoslawsk.......	60 0	80 0	103	1, 88	Kupfer.
Werchne-Udinsk	51 48	125 22	300	1, 88	A. Erman.
Poworotnaja Sopka	57 12	177 16	271	1, 88	A. Erman.
Store, Windeln	65 45	—	177	1, 80	Wahlenberg.
Troitzko Sſawsk bei Kiächta....	50 24	124 10	450	1, 76	A. Erman.
Enontekis.........	68 30	41 30	267	1, 70	Wahlenberg.

Während die eben erwähnten, der mittleren Lufttemperatur nahe ſtehenden Quellen, kalte Quellen genannt werden, heißen diejenigen Quellen, welche dieſe Temperatur bedeutend überſteigen, warme Quel-

len. Dieſelben kommen in den verſchiedenſten Gegenden der Erde vor, im hohen Norden ebenſowohl, wie in den Gegenden um den Aequator, am häufigſten jedoch in vulkaniſchen Gegenden, mit denen ſie folglich im Zuſammenhang zu ſtehen ſcheinen, wenigſtens was den Grund ihres Entſtehens betrifft. Sie haben zum Theil eine der Siedhitze nahe kommende Temperatur, viele aber gewähren nur den Anblick des Kochens, weil mit dem Waſſer eine große Menge Gas mit Gewalt ausſtrömt. Ihren Urſprung verdanken ſie ganz gewiß nicht der Erwärmung durch unterirdiſche Feuer, weil ſie ſonſt einen Temperaturwechſel zeigen müßten, der nicht ſtattfindet, noch kann man bei denen von bedeutend hoher Temperatur, dieſe aus der Tiefe ableiten, aus welcher ſie hervorkommen, weil eine ſo große Tiefe (mit Berückſichtigung der Abkühlung beim Aufſteigen) zu bedeutend ſein müßte, wegen der mit der Tiefe zugleich zunehmenden Dichte der Erde aber nicht wohl annehmbar iſt. Dagegen ſcheinen ihnen chemiſche Proceſſe zum Grunde zu liegen, welche durch das Waſſer eingeleitet werden. Es iſt bekannt, daß bei unzähligen chemiſchen Proceſſen bedeutende Wärmeerzeugung ſtattfindet, und dieſe chemiſchen Proceſſe müſſen eintreten, ſobald das Waſſer im Innern der Erde mit Subſtanzen in Berührung kommt, welche bei ihrer Auflöſung im ohnedieß ſchon mit andern Subſtanzen geſchwängertem Waſſer Wärme entbinden. Das ſtoßweiſe Springen, welches man am Karlsbader Sprudel und bei anderen heißen Quellen wahrnimmt, erklärt ſich ſtets aus den erzeugten Gaſen oder Dämpfen, wie bei den Geiſern auf Island. Eine die gewöhnliche überſteigende Temperatur zeigen nach der Erfahrung alle Salzquellen, doch iſt ihre Temperatur meiſt nur ſo wenig erhöht, daß man ſie wohl auch aus der Tiefe erklären kann, aus welcher dieſe Quellen emporkommen.

Im folgenden ſind die Temperaturen einiger warmen Quellen Europas zuſammengeſtellt. Sie entſpringen alle in vulkaniſchen oder Urgebirgen.

Namen der Oerter.	Temperat.	Namen der Oerter.	Temperat.
Warmbrunn in Schleſien	37°, 5C.	Krapin in Mähren........	37°, 5
Teplitz	47°, 5	Aachen	46° bis 57°
Wiesbaden	48° bis 65°	Martini Bagno............	47°, 5
Karlsbad	34° bis 75°	Schlangenbad............	27°, 5
Kappenhardt im Würtemb.	23°, 75	Petersthal in der Lomb...	37°, 5
Liebenzell bei Wildbad....	24°	Baden-Baden..............	67° bis 75°
Hubbad in Baden.........	36°	Geiſer auf Island.........	98°, 33
Wolkenſtein im Erzgeb...	30°	Warasdin in Kroatien....	75°, 5
Wildbad im Würtemb.....	35°	Glashütte in Ungarn.....	53°, 75
Burtſcheid am Niederrhein	44° bis 53°	Batz in Siebenbürgen.....	31°, 25
Wildbad Gaſtein in Steier-		Leuk	50°
mark.........................	48°, 75	Maſſino } in der	33°, 75
Ems im Naſſauſchen......	22°,5;42°,5	St. Martino } Schweiz	47°
	und 50°	Baden	40° bis 50°
Badenweiler	25°	Pfäfers in St. Gallen....	44°
Bude bei Chemnitz........	70°		

Namen der Oerter.	Temperat.	Namen der Oerter.	Temperat.
Luxeuil im Dep. Haute		Caudies bei Pergignan....	27°, 5 C.
Saone....................	54° C.	Lamoth im Dep. Iſère....	80°
Bourbonne les Bains.....	71°, 25	Bath in England..........	40° bis 50°
Chaudes Eaux } in den Vogeſen	24°	Albano.....................	30° bis 50°
Vecoux }	24°	Acqui Piemont............	51° bis 64°
Plombières in Frankreich	50° bis 60°	Caſtelamare...............	40°
St. Gorraiſe...............	35° bis 36°	Guitara.....................	35° bis 54°
Aix les Bains......	56°	Lucca.......................	30° bis 54°
Saute de Pucelle..........	34°	Franceschi..................	53°, 75
Chaudes-Aigues Dep. Du		St. Giulieno..............	31° bis 38°
Cantal.....................	70° und 80°	Sarbara....................	44° bis 50°
Digne Dep. Des Baſſes		Piſa.........................	43°, 75
Alpes......................	50°	Piscarelli des Agnano-Sees	93°

Auch in Amerika, Aſien und Afrika hat man heiße Quellen in Menge gefunden und unterſucht, deßgleichen auf den vulkaniſchen Inſeln. So z. B. gibt es Quellen auf St. Miguel (Azoren) welche 88° und ſogar 100° C. Temp. haben.

Wenn endlich einige Quellen eine hinter der mittlern atmoſphäriſchen zurückbleibende Temperatur zeigen, ſo kann dieſes nach dem Vorhergehenden unmöglich ſeinen Grund darin haben, daß (wie man wohl geſagt hat) dieſe Quellen in der Tiefe der Erde ſich bildeten, wohin die Wärme der Atmoſphäre nicht dränge. Denn die Tiefen der Erde ſind vielmehr wärmer als die Luft bei mittlerer Temperatur. Meiſt iſt die Kälte gewiſſer Quellen nur ſcheinbar, wenn man nämlich dieſelbe nicht mittels des Thermometers, ſondern etwa mit der Hand ſchätzt, denn dann nehmen wir nur den Unterſchied der Temperatur der Quelle von der unſerer Hand wahr, welcher namentlich an heißen Tagen bedeutend ſein kann, während doch die Temperatur der Quelle die mittlere der Luft noch überſteigt. Nicht aus der Tiefe kommende, ſondern oberflächlich an ſchattigen Orten zuſammenrinnende Quellen, bei denen überdieß Verdunſtung ſtattfindet, können aber wohl ſtets kälter als die Atmoſphäre ſein.

Es wurde ſchon oben bemerkt, daß alle Quellwaſſer mehr oder weniger fremdartige Subſtanzen aufgelöſt enthalten. Sie ſchwängern ſich mit denſelben beim Durchſickern durch das Erdreich und Geſtein. Das ſchlechteſte Waſſer liefern die Quellen die ſich auf dem flachen Lande als Anſammlungen des aus der Atmoſphäre ſich niederſchlagenden Waſſers bilden. Indem das Waſſer derſelben durch den fetten mit Pflanzen bewachſenen Boden dringt, nimmt es viele organiſche Beſtandtheile in ſich auf, die ihm einen unangenehmen Geſchmack ertheilen und es ſogar für die Geſundheit nachtheilig machen können. Aber auch das Waſſer der übrigen Quellen iſt nicht frei von organiſchen Beimiſchungen, wie man daraus ſieht, daß ſich bei längerer Aufbewahrung deſſelben (z. B. auf den Schiffen in Tonnen) ein Gährungsproceß einſtellt. Das Waſſer wird dann etwas trübe, und nimmt einen unangenehmen

Geſchmack an; nachher aber ſchlagen ſich die durch die Gährung zerſetzten organiſchen Subſtanzen als Bodenſatz nieder, und das Waſſer iſt von ihnen gereinigt. Das reinſte Waſſer liefern diejenigen Quellen, welche aus dem über Urgebirgsarten gelagerten Sandſtein entſpringen, indem ſie gar keine fremden Beſtandtheile enthalten, außer etwas atmoſphäriſcher Luft mit einigem Ueberſchuße an Sauerſtoffgas und wenig kohlenſaures Gas.*) (Ueber das Verhältniß des Quellwaſſers zu den verſchiedenen Gebirgsarten ſ. das oben geſagte.)

---

*) Bruckmann macht folgende allgemeine Bemerkungen über das Waſſer. Ein Waſſer wird weich genannt und iſt allgemein zum häuslichen Gebrauche tauglich, wenn ſich Seife in demſelben leicht und ſchäumend auflöſt, und es nach dem Kochen und Wiedererkalten keinen merklichen Bodenſatz bildet; enthält es aber viel Kalk-, Gyps-, Salz-, Eiſentheile u. ſ. w., ſo nennt man es hart, und es ſchäumt in demſelben weder die Seife, noch kochen ſich Hilſenfrüchte darin weich. Wenn man einem Trinkglas voll Waſſer etwas oxſalſaures Kali oder nur Oxalſäure (Sauerkleeſäure) zuſetzt, und dadurch ein weißlicher Niederſchlag erfolgt, ſo deutet dieſes auf Kalkſalze; — am gewöhnlichſten iſt kohlenſaurer Kalk vorherſchend; ſetzt man ihm aber ſalzſaure Barytauflöſung (Marias barytae) zu, und es erfolgt ein weißer Niederſchlag, welcher in Salpeterſäure unauflöslich iſt, ſo enthält das Waſſer ſchwefelſaure Salze; — am gewöhnlichſten ſchwefelſauren Kalk (Gyps). Bringt ein Zuſatz von ſalpeterſaurer Silberauflöſung (Nitras argenti) einen weißen Niederſchlag hervor, der in Salpeterſäure unauflöslich, aber auflöslich in Ammoniak iſt, ſo enthält das Waſſer ſalzſaure Salze, am gewöhnlichſten ſalzſaures Natron (Kochſalz). Dieſer weiße Niederſchlag färbt ſich, dem Lichte ausgeſetzt, röthlich blau, — es bildet ſich Hornſilber. Galläpfeltinktur färbt ein Waſſer ſchwärzlich, wenn es eiſenhaltig iſt. Wenn man übrigens in eiſenhaltiges Waſſer ein Stückchen grünes Eichenholz legt, ſo färbt ſich letzteres in kurzer Zeit auf der Oberfläche ſchwarz, und das Waſſer bekommt eine tintenartige Farbe. Wenn ein in ein Waſſer hineingelegtes neues Geldſtück gelblichbraun anläuft, ſo enthält es Schwefelwaſſerſtoffgas, welches auch durch den Geruch nach faulen Eiern zu erkennen iſt, der beim Kochen verſchwindet. Das mit freier Kohlenſäure geſchwängerte Waſſer iſt, den Sauerwaſſern ähnlich, ſehr angenehm zu trinken, perlt und röthet Lackmuspapier. Ein ſolches Waſſer enthält häufig viel aufgelöſtes Eiſen. Da auch die beſten unſerer Waſſer etwas erdige Salze enthalten, ſo iſt es auch bei dieſen vorläufigen Unterſuchungen von Wichtigkeit zu prüfen, wie viele dieſer fixen Stoffe in einer beſtimmten Menge Waſſer enthalten ſind, was ſich leicht ohne künſtliche Apparate finden läßt, wenn eine etwas größere Menge Waſſer von mehren Maſſen in einer gläſernen Schale nach und nach abgedampft wird, woraus ſich leicht die Menge der Salze berechnen läßt, welche im Mittel in einem Pfunde des Waſſers enthalten ſind; es zeigt ſich in dieſer Beziehung folgendes: 1) die beſſeren Brun-

Die Mineralwäſſer enthalten beigemiſchte Subſtanzen in größeren Quantitäten, und erhalten nach den beſonders in ihnen vorherrſchenden Subſtanzen verſchiedene Namen. Diejenigen, welche mehr oder weniger ſtark mit Kohlenſäure geſchwängert ſind, werden Säuerlinge genannt. Sie ſind größtentheils kalt, doch kommen auch warme und heiße Säuerlinge vor, und nach Buch ſoll ihre Temperatur ſtets diejenige der in ihrer Nähe vorkommenden ſüßen kalten Quellen überſteigen. Man findet dieſelben in den verſchiedenſten Gegenden und in großer Anzahl. Sehr oft enthalten ſie noch in beträchtlichen Quantitäten andere mineraliſche Subſtanzen in ſich aufgelöſt, welche zu Verbindungen mit Kohlenſäure geneigt ſind. Die Eiſenſäuerlinge oder Stahlwaſſer enthalten Eiſen, Alkalien und alkaliſche Salze. Oft enthalten ſie auch die letzteren ohne Beimiſchung von Eiſen. Die Eiſenſäuerlinge werden am meiſten als Geſundbrunnen benutzt. Hierher gehören u. a. das Hermannsbad bei Muskau, die Quellen zu Cudowa, Flinsberg, Altwaſſer, Salzbrunn, Reinerz, Bilin, Spaa u. ſ. w. Weniger häufig ſind die ſogenannten Kochſalzthermen und die mineraliſchen Kochſalzquellen, indem man alle diejenigen, welche an Kochſalz reichhaltiger ſind, zu den Soolquellen rechnet. Kochſalzthermen ſind zu Baden-Baden und Baden in der Schweiz, zu Wiesbaden u. a. Mineraliſche Kochquellen ſind zu Kiſſingen in Baiern, welche auch viel

---

nenwaſſer enthalten in einem Pfunde zu 16 Unzen, gewöhnlich 1, 2, höchſtens 3 Grane an erdigen Salzen; das beſte Brunnenwaſſer in Stuttgard, das des Bebenhäuſer Hofs enthält ſo in 1 Pfd., 1½ Gran erdige Salze; das Waſſer des Kirchbrunnens in Heilbronn enthält in 1 Pfd. 2½ Gran; die beſſern Brunnen in Tübingen 2, 2 bis 2,9 Grane. 2) Quellen mittlerer Güte enthalten in einem Pfunde oft 3,4 bis 5 Grane; dieſes iſt bei vielen Brunnen der Fall, welche aus der Keuperformation entſpringen; ſo enthält der Georgen Brunnen in Tübingen 3,5; der Schloßbrunnen 4,2; der Marktbrunnen 4,8 Grane erdige Salze; auch mehre Brunnen von Stuttgard enthalten 4 — 5 Grane, eben ſo mehre in Heilbronn. 3) Quellen, welche gegen 6 Gran und ſelbſt noch mehr erdige Salze in 1 Pfunde Waſſer enthalten, gehören gewöhnlich zu den härteren, ſchlechteren Waſſern; in gypshaltigen Gebirgsarten ſteigt die Menge der erdigen Salze zuweilen bis 10, 12 und ſelbſt 16 Grane; ſo beſitzt das Ammerthal oberhalb Tübingen, ohnweit Jeſingen, einige ſolche Quellen. (Siehe die Beſchreibung von Tübingen von Dr. Eiſenbach. Tübingen 1822. Seite 592. finden ſich die chemiſchen Beſtandtheile von mehren Brunnenwaſſern von Tübingen.) Sehr hartes Waſſer kann dadurch um vieles verbeſſert, und hauptſächlich zum Waſchen tauglich gemacht werden, wenn man einem würtemb. Eimer (160 Maß = 12½ Cubikfuß) beiläufig 1 Pfd. Potaſche oder beſſer Mineralalkali zuſetzt, ſolches nach geſchehener Miſchung ſtark umrührt, und es beiläufig 2 Tage ruhig ſtehen läßt, worauf ſodann das klare Waſſer vom gebildeten Bodenſatze abgezogen wird.

Kohlenſäure enthalten u. a. Zu Bachein am Niederrhein, zu Bath und Crems kommen alaunhaltige Quellen vor. Eine natronhaltige Quelle iſt zu Teplitz. Die Quellen zu Warmbrunn in Schleſien, zu Ems im Naſſauſchen, zu Schlangenbad enthalten kohlenſaures Natron, und der Säuerling zu Geilnau hält ſalzſaures und kohlenſaures Natron. Selten ſind auch die Bitterwaſſer, wie die zu Seidlitz und Seidſchütz in Böhmen. Häufiger dagegen finden ſich Glauberſalzquellen, z. B. zu Brüx in Böhmen, zu Carlsbad, Plombières, St. Vincent in Piemont. Auch Schwefelquellen ſind häufig und meiſt von hoher Temperatur, namentlich in der Schweiz (zu Alveneu, zu Egglisau und Waldeck, zu Yverdun, Wichlerbad, zu Bormio oder Worms, Schinznacht u. v. a.), in Piemont (zu Viray, Brida, Salins), in Savoyen (zu Didier, Gervais, Aix les Bains), in Frankreich (zu Bagnères de Luchon und Barèges, Bagnoles, Lamotte, Enghien). Berühmt iſt die Schwefelquelle zu Aachen. Auch in Schleſien ſind mehre Schwefelquellen, namentlich zu Landeck, Ribnik u. ſ. w., in Heſſen zu Nenndorf, in Bückeburg zu Eilſen, in Meklenburg zu Doberan, in Oeſtereich zu Baden bei Wien. Dieſe Quellen werden ſämmtlich ſtark als Heilquellen benutzt. Beſonders in Ungarn finden ſich ſalpeterhaltige Quellen. Kupferhaltige Quellen oder Cementwaſſer ſind zu Neuſohl und Schmolenitz in Ungarn, zu Foluhn in Schweden u. an a. Orten. In neuerer Zeit hat man bei Vulkanen, namentlich am Idienne auf Java, Quellen entdeckt, welche Schwefelſäure enthalten. Diejenigen Quellen, aus denen in großer Menge kieſelhaltiger Kalkſinter niederfällt, werden inkruſtirende Quellen genannt. Solche ſind zu Carlsbad, Tours (welche Quelle einen alabaſterartigen Sinterſtein liefert), Teverone bei Tivoli (welche Basreliefs, die man ihr ausſetzt, ſehr fein und genau abformt), Albano im Gebiete von Padua, St. Filipe u. ſ. w. Beſonders merkwürdig iſt die Quelle von Guanca velica, welche Quaderſteine zum Häuſerbau liefert, 30 Meilen von Lima. Aus den Quellen neben dem See Urmia in Perſien, ſteigen Blaſen auf, deren Hüllen zu einer kalkartigen Rinde verhärten, woraus beim ruhigen Stehen Marmor gebildet wird, welcher in großen Platten gehauen und abgeſchliffen nur zum Gebrauche des Königs beſtimmt iſt. Von dieſen inkruſtirenden ſind noch zu unterſcheiden die verſteinernden Quellen, welche vegetabiliſche Körper mit Kieſelerde erfüllen, ſie zuweilen zerſtören und an ihre Stelle Kieſelſinter ſetzen. Hier findet alſo ſcheinbar eine wirkliche Verwandlung in Stein ſtatt. Eine ſolche verſteinernde Kraft hat das Waſſer des Sees Lough Neagh in Irland. Bei Palimbang auf Sumatra und in Chili gibt es verſteinernde Flüſſe. Aber ſelbſt in der Donau hat man eine Verſteinerung entdeckt. Als Franz I. 1760 einen Pfahl der im Jahre 104 nach Chr. von Trajan über die Donau erbauten Brücke heraus nehmen ließ, zeigte ſich, daß dieſer 1 Fuß im Durchmeſſer haltende Pfahl an der Oberfläche $\frac{1}{4}$ Zoll tief verſteinert war.

Von ganz beſonderem Intereſſe ſind endlich noch die Quellen, aus

denen *Naphta* und *Erdöl* quillt und diejenigen, auf deren Waſſer *Bergtheer* und *Asphalt* ſchwimmt. Bei der Inſel Abnheron im kaspiſchen Meere kommt die ſchönſte Naphta vor, welche hell und wohlriechend iſt und leicht mit vielem Ruß verbrennt. Außer dieſer hat man 1803 noch eine Quelle entdeckt, welche eine eben ſo ausgezeichnete Naphta liefert, nämlich zu Amiana in Parma bei Jesnovo und Vareſe. Quellen, welche außer dem Waſſer Bergöl oder Bergtheer enthalten, gibt es ſehr viele, meiſt in vulkaniſchen Gegenden. Europäiſche ſind zu Gretenberg, Häningſen, Edemiſſen, Wietzen im Hannöverſchen; zu Tegernſee in Baiern; das Lambertsloch bei Straßburg; der Bechelbrunnen in den Vogeſen; die von Begrède bei Anſon in Languedoc; zu Gabian bei Bezières; zu Porentroy, zwiſchen Montpellier und Beniers; zu Lobſan in der Auvergne; bei Neufchatel; mehre in den Appeninen; der Miano in Parma; Zibio bei Modena; in den Schwefelgruben bei Perticara und Urbino; bei Cirita nuova; ſüdlich von Loretto im Grunde des Meeres; bei Salſa de Saſſucolo; am Veſuv; auf Zante unweit Chierri; bei Girgenti und im Val di Noto auf Sicilien; am Grattenbergl unweit Häring in Tyrol; bei Pollonia in Albanien; auf Zante; in Kohlenminen in England; zu Ormskirk in Lancaſhire; Coal Port unfern Coalbrookdale; der Catharinenbrunnen bei Edinburg; auf der Orkney-Inſel Pomona; in Ungarn am Fuße der Karpathen an mehren Orten; in Gallicien, namentlich zu Truscawec in der Cameralſchaft Drohobycz; bei Herſchan im ſiebenbürgiſch-moldauſchen Paſſe Oytoſch; in Rußland an den Ufern des Igar, des Tereck, der Wolga, am Gebirge Irnek an der kirgiſchen Grenze in Taurien u. an a. Orten. Weit bedeutender ſind die Bergölquellen in Aſien, namentlich bei Baku in der Nähe des kaspiſchen Meeres und der Inſel Abnheron, wo auch die bekannten natürlichen Feuer vorkommen (ſ. d. Art. *Feuer aus der Erde*). Hier ſind eine große Anzahl von Quellen, welche täglich abgeſchöpft werden, und die ſo ergiebig ſind, daß man von den größeren Brunnen täglich 700 Pfund, von den kleineren 50 bis 60 Pfund gewinnt. Das Bergöl wird von den Perſern allgemein als Brennmaterial benutzt. In den Tigris ergießen ſich mehre Naphtaquellen. Es ſchwimmt daher auf dem Fluſſe, und nicht ſelten zünden es dann die Schiffer an, ſo daß der Strom weithin brennend erſcheint. Im Golf von Bengalen wird aus 560 Brunnen Erdöl gewonnen. Auch im Königreiche Burmha, einige Stunden von der Stadt Reinang-Hong, wird aus mehren hundert (520) gegrabenen tiefen Brunnen Bergöl gewonnen, angeblich 92781 Tonnen jährlich. Auch in Amerika und auf den Inſeln finden ſich zahlreiche Naphtaquellen.

R.

Rad an der Welle iſt eine einfache Maſchine zur Hebung von Laſten, welche ihrem Principe nach auf dem Hebel beruht. Im Allgemeinen beſteht es nämlich aus einem Cylinder, einer Walze (die Welle), auf welchem ein Rad, eine Scheibe u. dgl. feſtſitzt, ſo daß der Mittelpunkt des Rades in die Axe des Cylinders fällt, um welche die ganze Maſchine gedreht werden kann. Gegen die äußere Fläche des Cylinders wirkt die Laſt, gegen die äußerſte Fläche des Rades die Kraft, und die beiden Arme des jederzeit bei dem Rad an der Welle in Thätigkeit geſetzten Hebels ſind folglich: der Halbmeſſer der Welle und der Halbmeſſer des Rades, während der Unterſtützungspunkt in die Axe des Cylinders fällt. Da nun der Halbmeſſer des Rades allemal größer als der Halbmeſſer der Welle iſt, gegen jenen als Hebelarm aber die Kraft, gegen dieſen die Laſt wirkt, ſo wird ſtets eine kleine Kraft hinreichen, einer großen Laſt das Gleichgewicht zu halten und mit verhältnißmäßig geringen Kräften wird man große Laſten zu heben im Stande ſein. Eine derartige Maſchine iſt Fig. 94. dargeſtellt, AB iſt die Welle, welche an beiden Enden mit eiſernen Zapfen verſehen iſt, welche in Lagern ruhen und in dieſen ſich umdrehen, C iſt das Rad. Hier iſt angenommen, daß Laſt und Kraft (hier nur der Ueberſichtlichkeit wegen auch durch ein Gewicht dargeſtellt) an Seile befeſtigt ſind, die mit ihrem anderen Ende an das Rad und die Welle befeſtigt ſind. Das Gewicht L ſtrebt die Maſchine nach der einen, das Gewicht K nach der entgegengeſetzten Richtung umzudrehen. Wenn daher die Drehung im Sinne von K geſchieht, ſo muß das Seil von L auf die Welle ſich aufwickeln, mithin L ſich erheben. Fig. 95. ſtellt Rad und Welle im Durchſchnitt ſenkrecht auf die Drehungsaxe dar. Man überſieht leicht, daß, da die Seile ſtets ſenkrecht gegen einen Radius herabhängen, ſich die Thätigkeit der Maſchine immer darauf zurückführen läßt, daß die Kraft gegen den Hebelarm oq, die Laſt gegen den Hebelarm op, jene in der Richtung qm, dieſe in der Richtung pn wirkt, und daß daher die Maſchine alle die Vortheile darbietet, als wenn fortwährend die Laſt L durch eine Kraft K mittelſt eines Hebels gehoben würde, deſſen Arme ſich verhalten $= oq : op$, und zur Herſtellung des Gleichgewichtes iſt folglich $oq : op = L : K$, d. h. $K = \frac{op}{oq} L$ (ſ. d. Art. Hebel); iſt K etwas größer als hieraus folgt, ſo wird L gehoben. Bei jeder wirklich ausgeführten Maſchine kommt aber zur Laſt noch die durch die Kraft zu überwindende, bei der Maſchine ſtattfindende Reibung

und der Widerſtand, welchen die größere oder geringere Ungefügigkeit der Seile darbietet, hinzu. Wie man ſieht, hat in Fig. 94. das Rad an ſeinem Umfange eine Fuge, damit das Seil nicht abgleite. Das Gewicht K fehlt in der Regel, indem das Rad C durch Menſchen- oder Thierkraft in Bewegung gebracht zu werden pflegt. Die Art, wie dieſe Kraft angebracht wird, iſt ſehr verſchieden. Man kann z. B. ein Seil ohne Ende um C legen, welches dann, damit es nicht gleite, zweimal umgeſchlungen wird. Die Vorrichtung in Fig. 94. bei K iſt ein kleines Sperrrad, welches an der Welle feſtſitzt; es iſt ein eiſernes eingefurchtes Rad, in welches ein an das Zapfenlager beweglich befeſtigter eiſerner Haken (Sperrhaken) ſo einſpielt, daß er die Welle nur nach der durch die Kraft (K) beſtimmten Richtung ſich umdrehen läßt; ſobald alſo die Kraft nachläßt, ſichert dieſer Sperrhaken die Laſt (L) vor dem Wiederherabſinken. Bei der ſogenannten Radhaspel (Fig. 96.) ſind an dem Rade lange Zähne, Spindeln oder Spillen (daher auch Spindelrad oder Spillrad genannt) angebracht, an welche die Arbeiter, welche die Maſchine in Bewegung ſetzen, die Hände anlegen. Bei der Kreuzhaspel (Fig. 97.) iſt das Rad durch zwei Hebebäume erſetzt, welche ſich kreuzen, ſo daß gleichſam ein Spillrad mit 4 längeren Spillen zu Stande kommt. Dieſe Vorrichtung iſt doppelt angebracht, damit an zwei Stellen die Kräfte in Thätigkeit geſetzt werden können. Bei der Hornhaspel (Fig. 98.) ſind gekröpfte Kurbeln ſtatt des Rades; wie man ſogleich ſieht, iſt dieſe Kurbel nichts weiter als Eine Spille mit einer Handhabe, um bequemer herumgeführt werden zu können. Bei den Winden oder Göpeln (Fig. 99.) iſt die Welle ſenkrecht, das Rad oder vielmehr die das Rad erſetzenden Bäume dagegen ſind wagrecht geſtellt. Bei der großartigen Anwendung, den dieſe Maſchine in der angewandten Mechanik findet, hat man ſehr viele zuſammengeſetztere Maſchinen nach Maßgabe der zu hebenden Laſten und der Art, wie ſie den Umſtänden gemäß applicirt werden müßen, hergeſtellt, welche ſich jedoch ſämmtlich auf die angegebenen einfachen Einrichtungen des Rades an der Welle zurückführen laſſen. Nur des Tretrades mag noch kurze Erwähnung geſchehen. Hier iſt das Rad ſehr groß und ſo eingerichtet, daß ein Menſch darin aufrecht ſtehen kann, ohne mit dem Kopfe an die durchgehende Welle zu ſtoßen (Fig. 100.). Im Rade, welches auch eine hinreichende Breite hat, ſind Stufen angebracht, an denen ein oder mehre Menſchen fortwährend hinauf gehen; durch ihr eigenes Gewicht bringen dieſe dann das Rad in Umdrehung. Ein derartiges Rad an der Welle iſt um ſo viel wirkſamer, um wie viel größer das Rad gegen die Welle im Vergleich mit einer gewöhnlichen Haspel iſt. Bei der ſogenannten Tretſcheibe (Fig. 201.) iſt die Welle nicht wie beim gewöhnlichen Tretrade horizontal, ſondern weicht von der ſenkrechten Stellung nur um einen kleinen Winkel ab, wodurch das ſenkrecht auf ihr ſtehende Rad eine geneigte Lage gegen den Horizont erhält. Geht nun z. B. ein Pferd auf dem ſcheibenförmigen Rade hin, wie die Fig. 102. zeigt, ſo wird dadurch die Welle umgedreht.

Räderwerk, Rad und Getriebe. Nehmen wir an, A und B (Fig. 103.) ſeien zwei Scheiben oder Räder, welche ſich mit ungehemmter Leichtigkeit um a und b herumbewegen können, und ſich in d berühren, ſo darf nur das eine z. B. A in Bewegung geſetzt werden, ſo wird ſich auch das andere bewegen, und zwar ſo, daß gleiche Längen des einen Rades mit gleichen Längen des anderen in Berührung kommen. Sind demnach die Umfänge beider Scheiben gleich groß, ſo legen ſie in gleicher Zeit gleich viele Umläufe zurück, iſt dagegen der Umfang von A noch einmal ſo groß als der von B, ſo wird ſich B während Eines Umlaufes von A zweimal um ſeinen Mittelpunkt herum bewegen, und im Allgemeinen werden ſich die Zahlen der Umläufe beider Scheiben verhalten, umgekehrt wie die Umfänge derſelben, oder was daſſelbe: die Geſchwindigkeiten beider Scheiben verhalten ſich umgekehrt wie die Umfänge derſelben, die Umfänge aber ſtehen bekanntlich im Verhältniß der Halbmeſſer. Geſetzt nun aber, das Rad B könne ſich nicht mit ungehemmter Leichtigkeit um ſeine Axe b herum bewegen, ſo wird die Folge davon ſein, daß, weil A an ſeinem Rande ſehr glatt iſt, dieſes bei ſeiner Bewegung B nicht mit bewegen, ſondern an ihm hingleiten wird. Um dieſes zu vermeiden, macht man die Oberflächen der Räder, an denen ſie ſich berühren, uneben und zwar am beſten ſo, daß man an beiden Rädern regelmäßige Einſchnitte macht, ſo daß eine Hervorragung an dem einen Rade jedesmal in einen Einſchnitt in dem anderen Rade eingreift, dreht ſich dann das eine Rad herum, ſo nimmt es nothwendig das andere Rad mit. Dieſe Hervorragungen an den Rädern werden im Allgemeinen **Zähne** genannt, und da jedesmal ein Zahn des einen Rades in eine Vertiefung oder Lücke des anderen Rades eingreifen ſoll, ſo werden bei gleich großen Rädern die Zähne in gleicher Anzahl vorhanden ſein müſſen, bei ungleich großen Rädern wird aber auch eine ungleiche Anzahl von Zähnen nöthig ſein. Stellen wir uns nun zwei Räder vor (Fig. 104.) deren Umfänge ſich wie 1 : 4 verhalten, ſo wird, wenn das kleinere Rad 6 Zähne hat, das größere $4 \times 6 = 24$ haben müſſen. Man gibt nicht leicht einem Rade weniger als 6 Zähne, weil ſonſt der nächſtfolgende Zahn gar nicht oder nicht kräftig genug eingreift, wenn die Wirkſamkeit des vorhergehenden aufgehört hat. Je nach der Richtung welche die Zähne eines Rades gegen die Fläche deſſelben haben, erhalten die Zähne ſelbſt verſchiedene Namen. Ein Rad deſſen Zähne wie Fig. 205. in der Richtung der Halbmeſſer des Rades ſtehen (das Rad mag nun ausgefüllt, eine Scheibe ſein, oder Speichen haben), heißt ein **Sternrad** oder **Stirnrad**, und ein Rad, deſſen Zähne ſenkrecht auf ſeine Fläche (wie Fig. 106.) ſtehen, heißt ein **Kronrad** oder **Kammrad**, und die Zähne ſelbſt werden bei dieſem **Kämme** genannt. Wenn die Zähne oder Kämme eines Rades in die Vertiefungen eines anderen eingreifen, ſo iſt dieſes letztere gegen das erſte gewöhnlich ſehr klein, und erhält meiſt eine in die Länge gezogene cylinderförmige Geſtalt. Man nennt es dann ein **Getriebe**. Solche Getriebe werden am einfachſten ſo hergeſtellt, daß man zwei Scheiben einander parallel gegenüber ſtellt, und dieſe durch auf beiden ſenkrechte Stäbe verbindet, nach der Anzahl der am Getriebe

nöthigen Zähne, ſo daß ſie die Stelle dieſer erſetzen; dieſe Stäbe heiſſen Triebſtecken und ein ſolch Getriebe ſelbſt ein **Trilling** (Drehling). Ein Getriebe dagegen, welches aus einer maſſiven Walze oder Welle beſteht, in welche Vertiefungen eingeſchnitten ſind, um die Zähne des Rades aufzunehmen, heißt ein **Rumpf**.

Fig. 107. ſtellt nun ein Räderwerk vor, welches aus 3 Rädern beſteht, welche mit Getrieben ſo in Verbindung ſtehen, daß jedes Rad mit einem Getriebe feſt verbunden iſt, und um dieſelbe Axe ſich herum bewegt, und daß das erſte Getriebe in das zweite Rad, das zweite Getriebe in das dritte Rad eingreift. Die Durchmeſſer der Getriebe ſollen ſich gegen die Durchmeſſer der Räder wie 1 : 4 verhalten. Das Rad C iſt ungezahnt und gegen daſſelbe wirkt eine durch Q dargeſtellte Kraft, eben ſo iſt a ein ungezahntes Getriebe, alſo richtiger eine Welle am Rade A, es fragt ſich, welches wird das Verhältniß der Kräfte P und Q ſein müſſen, damit die Maſchine im Gleichgewicht bleibt, d. h. damit gar keine Bewegung ſtattfindet. Wir nehmen die Kraft Q = 1 an, ſo würde dieſe offenbar, wenn die Kraft P nicht entgegenwirkte, das Räderwerk in Bewegung ſetzen; aber in welcher Art. Der Halbmeſſer des Getriebes c verhält ſich zum Halbmeſſer des Rades C = 1 : 4, mithin wirkt die Kraft Q gegen das Rad B mittelſt des Getriebes durch einen Hebel der bei c ſeinen Ruhepunkt hat, und deſſen Arme ſich = 1 : 4 verhalten, oder, was daſſelbe die Wirkung der Kraft Q iſt durch das Getriebe gegen B vervierfacht; dieſe vierfache Kraft wird nun durch das Getriebe b an B in derſelben Weiſe nochmals vervierfacht, ſo daß gegen A eine Kraft wirkt 16mal ſo groß als Q, und dieſe Kraft würde gegen ein viertes Rad durch das Getriebe a ſich nochmals vervierfachen, alſo gegen dieſes vierte Rad eine 64 mal Q überſteigende Kraft wirken, welcher nun durch P das Gleichgewicht gehalten werden ſoll, d. h. das Verhältniß Q : P muß ſein = 1 : 64. Wiegt mithin P 64 Pfd. ſo wird Gleichgewicht ſtattfinden, wenn bei Q eine Kraft gleich der von 1 Pfd. wirkt, iſt aber die Kraft Q nur um weniges größer als P, ſo wird ſie P zu heben vermögen, oder iſt a eine Welle und P durch ein Seil an ſie befeſtigt, ſo wird P aufgezogen werden, indem ſich dieß Seil um die Welle umſchlingt. Es iſt aber noch eins zu berückſichtigen. Dieß Getriebe c wird ſich nämlich einmal herum bewegen, während B nur $\frac{1}{4}$ ſeines Umfanges zurücklegt, da nun C ſich einmal um ſeine Axe herum dreht, während auch c einmal herum geht, ſo wird die Bewegung von B nur $\frac{1}{4}$ ſo ſchnell ſein wie die von B, und eben ſo wird die Geſchwindigkeit von C nur $\frac{1}{4}$ derjenigen von B = $\frac{1}{16}$ derjenigen von C ſein. Mit A geht auch die Welle a einmal herum, während folglich C 16mal umgeht, dreht ſich a nur einmal um, und da der Umfang von a = $\frac{1}{4}$ des Umfanges von C iſt, ſo wird ſich das Seil an P um 1 F. aufrollen, während ſich das Seil, woran Q wirkt, um 64 F. abwickelt. Die Wirkſamkeit der ganzen Maſchine iſt alſo die, daß man mit etwas über 1 Pfd. Kraft bei Q, 64 Pfd. bei P um 1 F. zu heben vermag, während Q 64 F. zurücklegt. In derſelben Zeit endlich in welcher P 1 F. durchläuft, muß Q 64 F. durchlaufen. Hieraus folgt dann, daß Q zur Durchlaufung

Eines Fußes nur $\frac{1}{64}$ derjenigen Zeit bedarf, während welcher P 1 F. zurück legt, oder was daſſelbe, daß ſich die Zeiten, in welchen P und Q gleiche Wege zurück legen, verhalten, wie 64 : 1. Hiernach wird man nun folgende allgemeinere Betrachtung leicht verſtehen.

Wenn mehre Räder ſo mit einander verbunden ſind, daß eines dem andern eine Bewegung mittheilt, ſo muß ſich im Falle des Gleichgewichts die Kraft (Fig. 108.) p am Umfange des Rades zur Laſt q an der letzten Welle verhalten wie das Product der Halbmeſſer aller Getriebe, die letzte Welle, woran die Laſt hängt, als das letzte Getriebe gerechnet, zum Product der Halbmeſſer aller Räder ſich verhält. Fängt nämlich die Kraft p zu wirken an, ſo drückt der Triebſtecken e den Zahn des Rades d mit einer Gewalt, die man = v ſetzen kann, und es iſt dann $p : v = ca : cb$, mithin $v = \frac{cb}{ca} . p$. Dieſen Druck kann man nun als eine Kraft betrachten, welche am folgenden Rade nach der Tangente wirkt, und der Triebſtecken k drückt den Zahn l mit einer Gewalt, welche man = r annehmen kann; alsdann ergibt ſich $v : r = fg : fh$, mithin $r = \frac{fh}{fg} . v = \frac{fh}{fg} . \frac{cb}{ca} . p$. Ferner kann man wiederum annehmen, daß dieſer Druck r unmittelbar am Umfange des dritten Rades nach der Tangente wirkt, und es iſt im Fall des Gleichgewichtes $r : q = in : im$ folglich $q = \frac{im}{in} . r = \frac{im}{in} . \frac{fh}{fg} . \frac{cb}{ca} . p$ oder $p : q = in . fg . ca : im . fh . cb$. Auf dieſe Weiſe gilt der Schluß von jeder Zahl der Räder auf die folgende um 1 größere Zahl. Die Factoren $\frac{im}{in} . \frac{fh}{fg} . \frac{cb}{ca}$ werden deſto größer, je kleiner die Getriebe im Vergleich mit den damit verbundenen Rädern ſind; folglich muß auch mit derſelben Kraft p eine deſto größere Laſt im Gleichgewicht erhalten werden können, je kleiner die Getriebe im Vergleich mit den damit verbundenen Rädern ſind. — Wenn das erſte Rad, an welchem ſich die Kraft p befindet, Ein Mal herumgeht, ſo dreht ſich alsdann der Punkt s des andern Rades nur bis h, wenn der Bogen sh = dem Umfang des erſten Getriebes iſt, der Punkt o des anderen Getriebes bis g; zu gleicher Zeit kommt auch der Punkt t des dritten Rades in m, wenn mt = der Peripherie des anderen Getriebes und der Punkt u der Welle in n an, ſo daß bei Einem Umlaufe des erſten Rades die Laſt q um einen Weg ſteigt, der dem Bogen un gleich iſt.

Nun hat man $2\pi . bc : sh = bc : ac$; $sh : tm = hf : fg$; $tm : un = im : in$, mithin $2\pi . bc : un = im . hf . bc : in . fg . ac = q : p$. Beim zuſammengeſetzten Räderwerk verhält ſich alſo die Laſt zur Kraft umgekehrt, wie der Weg der Kraft zum Wege der Laſt. Man verliert alſo, wie beim Hebel, eben ſo viel an Raum und Geſchwindigkeit als man an Kraft gewinnt.*) — Weil

*) In der Technik macht man vom Räderwerk zum Heben großer Laſten na-

ein jeder Zahn bei der wirklichen Bewegung einen Triebſtecken vor ſich her treibt, ſo wird auch das Getriebe einmal umlaufen müſſen, wenn ſo viele Zähne fortgegangen ſind, als das Getriebe Stecken hat. So viel Mal alſo die Anzahl der Triebſtecken in der Anzahl der Zähne enthalten iſt, ſo viel Mal wird auch das Getriebe in eben der Zeit umlaufen, in welcher das Rad einmal umläuft. Man findet alſo die Anzahl der Umläufe des Getriebes, wenn die Anzahl der Zähne durch die Anzahl der Triebſtecken dividirt wird. Setzt man alſo die Anzahl der Triebſtecken $= n$, und die Anzahl der Zähne $= m$, ſo iſt die Anzahl der Umläufe des Getriebes gegen einen Umlauf des Rades $= \frac{m}{n}$. Wäre mit der Axe des Getriebes ein zweites Rad mit r Zähnen verbunden, welches in ein zweites Getriebe eingreift und die Anzahl der Stecken dieſes Getriebes $= p$, ſo würde die Anzahl der Umläufe dieſes Getriebes $= \frac{r}{p}$ ſein, wenn das zweite Rad einmal umläuft. Nun kommen auf jeden Umlauf des erſten Rades $\frac{m}{n}$ Umläufe des zweiten; rechnet man alſo auf jeden Umlauf des zweiten Rades $\frac{r}{p}$ Umläufe des zweiten Getriebes, ſo werden auf jeden Umlauf des erſten Rades $\frac{m}{n} \cdot \frac{r}{p}$ Umläufe des zweiten Getriebes kommen. Wenn noch mehre

mentlich bei den größern Kranichen Anwendung. Dieſe dienen insbeſondre Schiffe aus- und einzuladen; ſie haben im Allgemeinen die Geſtalt eines Γ, ſo aber, daß der obere Balken gegen den untern in einem ſtumpfen Winkel geneigt iſt. Ein Räderwerk hebt die Laſten ſenkrecht in die Höhe, ſo daß ſie ſchwebend von der vorderen Spitze an einem Seile über eine Rolle herabhangen, und ein zweites Räderwerk iſt beſtimmt, den ganzen Kranich dann um ſeine Längenaxe zu drehen, ſo daß z. B. die auszuladenden Tonnen erſt aus dem Schiffsraum gehoben, dann durch die Drehung des Kranichs über das feſte Land gebracht, und hier wieder niedergelaſſen werden. Die ſchwerſten Laſten kann man auf dieſe Weiſe mittelſt zweier Kurbeln regieren. Vielleicht iſt es eine ähnliche Maſchine geweſen, von der im Alterthum erzählt wird, daß ſie Archimed conſtruirt habe, und daß mit ihr König Hiero ein ganzes Schiff mit einer Hand hob. Als ſich Hiero wunderte, ſoll Archimed geſagt haben: gib mir einen Punkt, wo ich ſtehe und ich will die ganze Erde in die Höhe heben. Man hat berechnet, daß 25 Räder mit 25 Pfd. Gewicht hinreichen würden, die Erde von einer Trillion Pfd. Gewicht im Gleichgewicht zu halten, da aber ſoviel an Zeit und Raum verloren wird, als man an Kraft gewinnt, ſo würde ein Menſch mit einer ſolchen Maſchine ununterbrochen 300000 Jahre arbeiten müſſen, um die Erde um $\frac{1}{20000}$ Zoll, d. i. um eine noch gar nicht ſichtbare Höhe zu heben.

Räder in eben ſo viele Getriebe eingreifen, und jedes Rad mit dem Getriebe einerlei Welle hat, ſo läßt ſich aus dem Angeführten leicht dieſe allgemeine Regel ſchließen: man dividire die Anzahl der Triebſtecken eines jeden Getriebes in die Anzahl der Zähne desjenigen Rades, deren Zähne in das Getriebe eingreifen, und multiplicire alle Quotienten in einander. Dieſes Produkt gibt die Anzahl der Umläufe des letzten Getriebes an, wenn das erſte Rad einmal umläuft, z. B. wenn von drei Rädern das erſtere 36, das andere 28 und das dritte 24 Zähne, die Getriebe aber, in die ſie greifen, 6,7,6 Triebſtecken haben, ſo läuft das letzte Getriebe $\frac{36}{6} \cdot \frac{28}{7} \cdot \frac{24}{6} = 6 \cdot 4 \cdot 4 = 96$ mal binnen der Zeit herum, da das erſte Rad einmal umläuft. — Wenn es umgekehrt bekannt iſt, wie vielmal das ſchnellſte Rad umlaufen ſoll, indem das erſte Rad einmal umläuft, ſo kann man auch daraus die Anzahl der Zähne und Triebſtecken eines jeden Rades und Getriebes ſehr leicht beſtimmen. Hätte die Maſchine nur Ein Rad und Getriebe, ſo ſei die Anzahl der Zähne $= m$ und die Anzahl der Triebſtecken $= n$; wäre nun r die Zahl der Umläufe des Getriebes gegen einen Umlauf des Rades, ſo muß $r = \frac{m}{n}$ ſein. Daraus ſieht man, daß die Anzahl der Triebſtecken des Getriebes und die Anzahl der Zähne dadurch nicht beſtimmt werde, ſondern nur ihr Verhältniß gegen einander. Nachdem man alſo m oder n willkürlich annimmt, nachdem wird n oder m aus der Gleichung $r = \frac{m}{n}$ beſtimmt. Denn man hat $rn = m$ und $n = \frac{m}{r}$. Erfordert aber die Maſchine mehre Räder und Getriebe, ſo iſt es auch hier leicht zu begreifen, daß man nicht beſtimmt angeben könne, wie viele Zähne die Räder und wie viele Stecken die Getriebe haben ſollen; vielmehr laſſen ſich hier eine Menge von Fällen gedenken, welche dem Verlangten ein Genüge leiſten. Setzt man a, b, c die Zahlen der Zähne und α, β, γ die Zahlen der Triebſtecken der Getriebe, und r die Anzahl der Umläufe des letzten Getriebes gegen einen Umlauf des erſten Rades, ſo muß $r = \frac{a}{\alpha} \cdot \frac{b}{\beta} \cdot \frac{c}{\gamma}$ ſein. Man zerfälle demnach r in ſo viele Faktoren, als man Räder haben will. Ein jeder Faktor wird die Zahl der Umläufe eines Getriebes gegen einen Umlauf des in daſſelbe eingreifenden Rades angeben, woraus die Anzahl der Zähne und der Triebſtecken für jedes Rad und dazu gehöriges Getriebe, wie vorhin, gefunden wird. Z. B. ſoll das letzte Getriebe vierzigmal umlaufen, wenn das erſte Rad einmal umläuft, ſo iſt $40 = 5 \cdot 4 \cdot 2 = \frac{30}{6} \cdot \frac{28}{7} \cdot \frac{16}{8}$, und man kann drei Räder gebrauchen, wovon das eine 30, das andere 28 und das dritte 16 Zähne beſitzen, wenn die Getriebe 6, 7, 8 Triebſtecken haben.

Die Räderwerke werden nun beim Maſchinenbau auf die allermannigfaltigſte Weiſe in Anwendung gebracht, und es iſt nicht möglich,

die unzähligen Modificationen anzuführen, in denen gezahnte Räder in Anwendung kommen können. Beſondere Vorſichtsmaßregeln müſſen im Allgemeinen bei Herſtellung der Zähne angewendet werden, denn dieſe dürfen nicht mit völliger Genauigkeit in die Zwiſchenräume paſſend gearbeitet ſein, weil dieſes ein Abbrechen derſelben nothwendig zur Folge haben müßte, noch dürfen ſie zu weitläuftig ſtehen, ſo daß die Zwiſchenräume viel größer als die Räder ſind, weil dieſes ein Schlottern des Räderwerkes, ein Anſchlagen der Zähne an die Triebſtecken zur Folge haben würde, welches bald die Maſchine zerſtören müßte. Sie müſſen im Allgemeinen ſo geformt ſein, daß ſie ſich an den Fugen oder Stecken der Getriebe hinwälzen, ohne anzuſchlagen. Man hat eine große Anzahl gelehrter Unterſuchungen über die paſſendſte Form der Zähne angeſtellt, aber der Mechaniker muß aus der Erfahrung abgenommene Kunſtgriffe bei der Herſtellung der Zähne befolgen. Um eine geradlinige Bewegung mittels Räderwerks hervorzubringen, kann man ein Zahnrad auch in eine gerade Stange eingreifen laſſen, wie dieſes Fig. 109. hinreichend erſehen läßt, und es iſt klar, daß ſich auch in dieſer Hinſicht zahlreiche Modificationen anbringen laſſen. Die gewöhnliche Fuhrmannswinde (Fig. 110.) iſt ein Beiſpiel einer einfachen Maſchine mit Rad, Getriebe und gezahnter Stange. Das Getriebe D wird mittelſt einer Kurbel umgedreht, greift in das Zahnrad C, welches mit dem Getriebe B verbunden iſt, das in die gezahnte Stange A greift, und dieſe hebt oder ſenkt, je nachdem man die Kurbel links oder rechts herum führt.

Reagentien. Die verſchiedenen Stoffe unterſcheiden ſich von einander durch ihr chemiſches Verhalten gegen einander, namentlich durch die verſchieden gefärbten und ſonſt ſich eigenthümlich verhaltenden Verbindungen, die ſie mit einander eingehen. Man wird alſo z. B. zwei äußerlich keine Verſchiedenheiten darbietenden Stoffe durch ihr Verhalten gegen einen dritten, mit dem ſie verſchieden gefärbte Verbindungen eingehen, unterſcheiden können, und eben ſo wird man in einem zuſammengeſetzten Stoffe das Vorhandenſein eines einfachen aus dem Verhalten deſſelben gegen andere bekannte Stoffe, mit denen man ihn zuſammenbringt, erkennen. Jeder bekannte Stoff nun, der durch eine beſtimmte Veränderung, die er durch einen andern mit ihm zuſammengebrachten Stoff erleidet, dieſen nach ſeiner chemiſchen Beſchaffenheit erkennen läßt, heißt ein Reagens dieſes Stoffes.

Regen iſt das Waſſer, welches in größeren oder geringeren Quantitäten in Tropfen aus der Atmoſphäre auf die Oberfläche der Erde herabfällt. Die atmoſphäriſche Luft iſt fortwährend mit einer großen Quantität dampf- oder dunſtförmigen Waſſers erfüllt (ſ. d. Art. Atmoſphäre S. 62.), weil ſich fortwährend ein Theil des auf der Erde befindlichen Waſſers in luftförmiger Geſtalt in die Höhe hebt. (Vergleiche auch den Artikel Quelle.) Dieſer Waſſerdampf wird nun allemal zu Waſſer concentrirt und fällt dann als ſolches vermöge ſeiner Schwere herab, wenn zwei mit ihm geſättigte Mengen

Luft von ungleicher Temperatur durch die fortwährend in der Atmoſphäre ſtattfindenden Bewegungen untereinander gemiſcht werden. Die Luft kann nämlich bei einer beſtimmten Temperatur jedesmal nur eine beſtimmte Quantität Dampf enthalten, welche Fähigkeit der Luft ihre Capacität heißt; miſchen ſich nun zwei gleich große Luftmaſſen von verſchiedenen Temperaturen, welche mit Waſſerdampf geſättigt ſind, ſo ererniedrigt ſich die Temperatur bis zum Mittel aus den beiden vorigen, nicht aber kann die ſo entſtandene Luft von mittlerer Temperatur dieſelbe Quantität Waſſerdampf enthalten, welche die vorher unvermiſchten Luftmaſſen zuſammen enthielten, weil die Capacitäten nicht in demſelben Verhältniſſe, ſondern ſchneller zunehmen, wie die Temperaturen. Im Art. Dampf S. 447. iſt eine Tabelle mitgetheilt, welche die den Temperaturen entſprechenden Dichtigkeiten enthält. Geſetzt nun, es miſchte ſich eine geſättigte Luftmaſſe von 24° R. mit einer anderen von 8° R., ſo geben ſie zuſammen eine Luftmaſſe von 16° R. Die Dichte des Waſſerdampfs bei 24° R. iſt aber (nach jener Tabelle) = 0,000029, die bei 8° R. = 0,0000079 oder 0,000008, das Mittel aus beiden folglich $\frac{0{,}000029 + 0{,}000008}{2} = 0{,}000019$. Da aber bei 16° R. die Dichte nur 0,000015 iſt, ſo muß folglich Waſſerdampf von der Dichte 0,000019 — 0,000015 = 0,000004 frei werden, d. h. es muß ein wäßriger Niederſchlag entſtehen. Es werden ſich Nebel als Wolken ſammeln, aus denen endlich das Waſſer in Tropfen herabfällt; kommen dieſe Tropfen beim Herabfallen durch wärmere mit Waſſerdampf geſättigte Luftſchichten, ſo erzeugen ſie nahe um ſich eine niedere Temperatur, welche neuen Niederſchlag von Waſſer zur Folge hat, das ſich mit den Tropfen vereinigt, die daher immer mehr vergrößert, endlich die Oberfläche der Erde erreichen. Eine Condenſation des Waſſerdampfs und mithin Wolken und zuletzt Regenbildung, wird auch dann ſtattfinden, wenn ſich ſchnell und in Menge Waſſerdämpfe in die höheren und kühleren Regionen der Atmoſphäre erheben, welche zu kalt ſind, um das Waſſer im Dampfzuſtande zu erhalten, und folglich einen Niederſchlag bilden.

Eine eigenthümliche Regenbildung iſt die, welche ohne Erſcheinung von Gewölk am Himmel vor ſich geht. In unſern Klimaten kommt dieſe Erſcheinung nur während des Sommers vor, und gewöhnlich nur bei Untergang der Sonne. Man beobachtet ſie vornehmlich in den Thälern oder in den niedrigen Ebenen in geringer Entfernung von Seen und Flüſſen. Sie beſteht in einem feinen Regen, ohne daß eine Wolke am Himmel geſehen wird, aus welcher derſelbe herabkäme. In hohen Gegenden wird ſie nur ſelten beobachtet. Während der Wärme des Tages geben alle feuchte Körper eine große Menge Dampf, der ſich in der Luft vertheilt, ohne die Durchſichtigkeit derſelben zu ſtören. Nehmen wir nun an, daß ungefähr gegen 5 oder 6 Uhr Nachmittags die Temperatur der atmoſphäriſchen Luft etwa 20° ſei, und daß der Dampf den ſie enthält, eine gewiſſe Dichtigkeit beſitze, ſo wird, wie die Sonne näher nach dem Horizonte herabſinkt, die Temperatur immer tiefer her=

abgehen, ohne daß ſich die Dichtigkeit des Dampfes verändert, und wenn auf dieſe Weiſe die Temperatur bis auf 14 oder 15° herabgegangen iſt, ſo kann der geſammte Dampf nicht mehr exiſtiren, weil er eine größere Dichtigkeit beſäße, als diejenige iſt, welche der herrſchenden Temperatur als Maximum entſpricht; er wird ſich daher zum Theil condenſiren, und dieſe Condenſation, welche nicht an einer einzelnen Stelle der Atmoſphäre, ſondern überall in derſelben vor ſich geht, tritt in der Erſcheinung jenes feinen Regens in der Wolkenbildung auf.

Da das im Regen herabfallende Waſſer vorher von der Erde in Dampfgeſtalt aufgeſtiegen iſt, ſo iſt es dem deſtillirten Waſſer an Reinheit ähnlich. Indeß finden ſich doch in ihm mancherlei Subſtanzen beigemiſcht, die es bei ſeinem Herabfallen aus der Atmoſphäre in ſich aufnimmt; denn da nicht bloß Waſſerdampf in die Atmoſphäre aufſteigt, ſondern namentlich bei anhaltend trockener Witterung auch mancherlei andere Dünſte, Rauch u. dgl., ſo kann ſich das herabfallende Waſſer mit dieſen verunreinigen, und man findet daher eine ſolche Verunreinigung namentlich bei demjenigen Waſſer, welches nach lange Zeit anhaltender Dürre zuerſt als Regen herabfällt. Sonſt iſt das Regenwaſſer aber im Allgemeinen nur ſehr wenig verunreinigt. Doch kommen mit oder ohne Begleitung von Waſſer zuweilen auch die verſchiedenſten Subſtanzen aus der Atmoſphäre herab, die man **Blutregen**, **Schwefelregen**, **Aſchenregen** u. ſ. w. genannt hat, je nach den Subſtanzen, die wirklich oder nur nach einer irrthümlichen Meinung gleich Regen herabgekommen waren.

Um eine Vorſtellung von den Umſtänden zu geben, unter denen dieſe Meteore bisweilen auftreten, führen wir als Beiſpiel den rothen Regen an, welcher den 14. März 1813 im Königreiche Neapel und den beiden Calabrien fiel. **Sementini** hat über das Phänomen folgenden Bericht erſtattet: „Den 14. März 1813 ſahen die Bewohner von Gerace bei einem Weſtwinde, der ſeit 2 Tagen wehte, eine dichte Wolke vom Meere nach dem Feſtlande zu kommen. Um zwei Uhr nach Mittag legte ſich der Wind; aber die Wolke bedeckte ſchon die benachbarten Berge, und begann das Sonnenlicht abzuſchneiden; die Farbe derſelben, anfangs ein blaſſes Roth, wurde feuerroth. Die Stadt wurde darauf in eine ſo dichte Finſterniß gehüllt, daß man ſich gegen 4 Uhr genöthigt ſah, Licht in den Häuſern anzuzünden. Das Volk erſchreckt durch die Dunkelheit und die Farbe der Wolke, ſtrömte in die Kirche, um zu beten. Die Dunkelheit nahm immer mehr zu, und der ganze Himmel zeigte die Farbe des rothglühenden Eiſens; der Donner fing an zu rollen und das Meer vermehrte durch ſein Toſen das Schrecken, obgleich es 6 Meilen von der Stadt entfernt war. Hierauf fielen dicke Tropfen eines röthlichen Regens, welche einige für Blut andere für Feuer hielten. Bei Annäherung der Nacht endlich begann ſich die Luft zu erheitern, Blitz und Donner hörten auf, und das Volk beruhigte ſich. Daſſelbe Phänomen mit wenigen Verſchiedenheiten und ohne Aufregung des Volkes fand nicht nur in den beiden Calabrien, ſondern auch in der entgegengeſetzten Grenze der Abbruzzen ſtatt. Dieſer Staub hat eine zimmetbraune Farbe und einen wenig merklichen

erdigen Geſchmack, er fühlt ſich wegen ſeiner Zartheit ſchmierig an, obgleich man durch die Lupe kleine harte dem Pyroxen (Augit) ähnliche Körper darin entdeckt, die jedoch dem Staube fremdartig und beim Auffammeln vom Boden ihm zufällig beigemiſcht worden ſind. In der Wärme wird er erſt braun, nachher ſchwarz und endlich in der heftigſten Hitze roth. Nach der Einwirkung der Wärme zeigt er, auch ſchon dem unbewaffneten Auge, eine Menge kleiner glänzenden Plättchen, welche Katzengold (?) ſind. Er brauſt dann mit den Säuren nicht mehr auf, und hat ungefähr $\frac{1}{10}$ ſeines Gewichtes verloren. Sein ſpecif. Gew., wenn man ihn von den harten Körpern befreit hat, iſt = 2,07 und er iſt zuſammengeſetzt aus (in 100 Th.) nach folgendem Verhältniß: 33,0 Kieſelerde, 15,5 Thonerde, 11,5 Kalk, 1,0 Chrom, 14,5 Eiſen, 9,0 Kohlenſäure, zuſammen 84,5. Der Verluſt kommt auf Rechnung einer harzigen Subſtanz von gelblicher Farbe, welche man erhält, wenn man den Staub mit Alkohol behandelt, und bis zur Trockne verdampfen läßt. Das Gewicht des Rückſtandes entſpricht ziemlich genau dem Verluſt bei der Analyſe. Dieſe harzige Materie ertheilt dem Staube die Eigenthümlichkeit mit Salpeter zu verbrennen.“

Chladni hat eine Zuſammenſtellung aller derartigen Erſcheinungen gegeben, welche in verſchiedenen Orten beobachtet worden ſind. Im J. 472 n. Chr. Geb. den 5. oder 6. Nov. fiel, wahrſcheinlich in der Nähe von Conſtantinopel, eine große Menge ſchwarzen Staubes, der Himmel ſchien zu brennen, welche Erſcheinung Einige vom Veſuv ableiteten. — 652. Zu Conſtantinopel Regen von rothem Staub. — 743. Ein Meteor und Staub an verſchiedenen Orten. — In der Mitte des 9. Jahrh. rother Staub und eine dem geronnenen Blute ähnliche Materie. — 869. Rother Regen drei Tage lang in der Gegend von Brixen. (Vielleicht das vorhererwähnte Phänomen.) — 929. Rother Himmel und Fall von rothem Sande zu Bagdad. — 1056. Rother Schnee in Armenien. — 1110. Ein brennender Körper fiel in Armenien in der Provinz Waspouragan in den See von Wan, in einer finſtern Nacht. Das Waſſer ward bluthroth, und an verſchiedenen Orten borſt die Erde. — 1219 oder 1222. Rother Regen in der Gegend von Viterbo. — 1416. Rother Regen in in Böhmen. — In demſelben Jahrhundert. Fall eines Steines und einer geronnenem Blut ähnlichen Maſſe zu Luzern, begleitet von der Erſcheinung einer Feuerkugel. — 1501. Blutregen an mehren Orten. — 1543. Rother Regen in Weſtphalen. — 1548, 6. Nov. Fall einer Feuerkugel mit großem Geräuſch, worauf man auf dem Boden eine dem geronnenen Blute ähnliche röthliche Subſtanz fand (wahrſcheinlich in Thüringen). — 1557. In Pommern große breite Maſſen einer dem geronnenen Blute ähnlichen Subſtanz. — 1560 am Pfingſttage. Rother Regen zu Emden, Louvain u. ſ. w. — 1560, 24. Decbr. Zu Lillebonne Feuermeteor und rother Regen. — 1582, 5. Juli. Zu Rockhauſen bei Erfurt Fall einer großen Menge einer faſrigen Subſtanz gleich Menſchenhaaren, nach einem ſchrecklichen Unwetter, ähnlich denen, von welchen Erdbeben begleitet ſind. — 1586, 3. Decbr. Zu Verden (in Hannover) Fall rother und ſchwärzlicher Materie unter

Bliß und Donner (Feuermeteor und Zerplaßen deſſelben). Dieſe Materie verbrannte das Holz, auf welches ſie fiel. — 1591. Blutregen zu Orleans, Madeleine. — 1618 im Aug. Steinfall, Feuermeteor und Blutregen in Steyermark. — 1623, 12. Aug. Blutregen zu Strasburg. — 1637, 6. Decbr. Fall von vielem ſchwarzen Staube im Golf von Bolo und in Syrien. — 1638. Rother Regen zu Tournay. — 1643 im Jan. Blutregen zu Wachingen und Weinsberg. — 1645, 23. oder 24. Jan. zu Bois le Duc. — 1650, 6. Oct. Rother Regen zu Brüſſel. — 1652 im Mai. Eine kleberige Maſſe nach einem leuchtenden Meteor zwiſchen Sienna und Rom. — 1665, 23. März. Bei Laucha, unweit Naumburg fiel eine faſerige Subſtanz, wie blaue Seide, in großer Quantität. — 1678, 19. März. Rother Regen bei Genua. — 1686, 31. Jan. Bei Rauden in Kurland, und zugleich in Norwegen und in Pommern eine große Menge einer häutigen Subſtanz, zerreiblich und ſchwärzlich wie halbverbranntes Papier. — 1689. Rother Staub zu Venedig. — 1711, 5. und 6. Mai. Regen (rother) zu Orſion in Schweden. — 1718, 24. März. Fall einer Feuerkugel auf der Inſel Lethy (Indien), worauf man eine gallertartige Subſtanz fand. — 1719. Fall von Sand in das atlantiſche Meer, begleitet von einem leuchtenden Meteor. — 1721, Mitte März. Zu Stuttgard Meteor und rother Regen in großer Menge. — 1737, 21. Mai. Fall von Erde, welche der Magnet anzog, auf dem adriatiſchen Meere zwiſchen Monopoli und Liſſa. — 1744. Rother Regen zu St. Piedro v. Arena bei Genua. — 1755, 20. Oct. Schwarzer Staub, welcher nicht von dem Hekla kam, auf Getland einer der Orkaden. — 1755, 13. Nov. Rother Himmel und rother Regen in verſchiedenen Ländern. — 1763, 9 Oct. Rother Regen zu Cleve, Utrecht u. ſ. w. — 1765, 14. Nov. Rother Regen in der Picardie. — 1781. Weißer nicht vulkaniſcher Staub auf Sicilien. — 1792, 27., 28. und 29. Aug. ohne Unterbrechung. Regen einer der Aſche ähnlichen Subſtanz in der Stadt Paz zu Peru. Dieſes Phänomen konnte keinem Vulkan zugeſchrieben werden. Man hatte Exploſionen gehört, und den Himmel erleuchtet geſehen. Der Staub erregte heftige Kopfſchmerzen und bei mehren Perſonen das Fieber. — 1796, 8. März. Man fand in der Lauſiß nach dem Fall einer Feuerkugel eine klebrige Materie. — 1803, 5. und 6. März in Italien. Fall von rothem Staube, an einigen Orten trocken, an anderen feucht. — 1811 im Juli bei Heidelberg. Fall einer gallertartigen Subſtanz in Folge der Exploſion eines leuchtenden Meteors. — 1813, 13. und 14. März in Calabrien, Toscana und Friaul. Fall von vielen rothem Staub und rothem Schnee unter großem Geräuſch. Zu Cutro in Calabrien fielen in derſelben Zeit Steine. — 1814, 3. und 4. Juli. Fall von vielen ſchwarzem Staube zu Canada unter Feuererſcheinung. Das Ereigniß war ähnlich dem von 472. — 1814 in der Nacht vom 27. zum 28. Oct. im Thale von Oneglia bei Genua. Rother Regen. — 1814, 5. Nov. Man fand in Doab in Indien, daß jeder herabgefallene Stein in einen kleinen Haufen Staub eingehüllt war. — 1815, Ende Sept. Das Meer

im Süden von Indien war weithin mit Staub bedeckt, wahrſcheinlich in Folge eines ähnlichen Falles. — 1816, 15. April. Rother Schnee in verſchiedenen Gegenden des nördlichen Italiens. — 1819, 13. Aug. zu Amherſt in Maſſachuſets. In Folge eines leuchtenden Meteors fiel eine gallertartige und ſtinkende Maſſe. — 1819, 5. Sept. Zu Studein in Mähren zwiſchen 11 Uhr und Mittag. Bei heiterm und ruhigem Himmel regnete es aus einer kleinen iſolirten, ſehr hellen Wolke kleine Stücken Erde. — 1819, 5. Nov. Rother Regen in Flandern und Holland. — 1819, Nov. Zu Montreal und in dem nördlichen Theile der Vereinigten Staaten. Schwarzer Schnee und Regen, begleitet von außerordentlicher Verdunkelung des Himmels und Erſcheinungen wie während eines Erdbebens, Getöſe wie von Kanonenfeuer und Feuererſcheinungen, die man für gewaltige Blitze hielt. — 1821, 3. Mai 9 Uhr Morgens. Rother Regen in der Gegend von Gießen. — 1824, 13. Aug., Stadt Mendoza in Buenos-Ayres. Staub aus einer ſchwarzen Wolke. In einer Entfernung von 40 Lieues entlud ſich die Wolke noch einmal.

Chladni nimmt, wie es ſcheint an, daß die Mehrzahl der in dieſem Verzeichniſſe angeführten Meteore denſelben Urſprung wie die Meteorſteine haben (ſ. d. Art. Steine vom Himmel); aber andere Phyſiker nehmen an, daß die Gewalt des Windes hinreichend iſt, um auf der Oberfläche der Erde große Maſſen verſchiedener Subſtanzen abzukehren, und in die bedeutenden Höhen der Atmoſphäre empor zu führen. Dieſe letzte Meinung wird durch folgendes neuere Ereigniß unterſtützt. In Perſien in der Provinz Romoé unweit vom Berge Ararath fiel im April 1827 ein Regen von Fruchtkörnern, der an einigen Orten die Erde bis zu einer Höhe von 6 Zoll bedeckte. Die Schafe fraßen davon, und darauf bereiteten die Menſchen ein ziemlich ſchmackhaftes Brod daraus. Desfontains unterſuchte eine nach Frankreich geſchickte Probe, und erklärte ſie für Früchte von Lichen lecidea. Hieran ſchließen ſich noch andere Nachrichten vom Herabfall von Früchten, ja ſogar von Thieren. So ſollen 1686 in Curland knollenartige Gewächſe herabgefallen ſein, und ähnliche Früchte fielen am 19. und 20. Juni 1823 auf der Herrſchaft Starkenbach in Böhmen während eines Gewitters. Sie wurden gegeſſen, und man hielt ſie für Knollen der Ranunculus ficaria. Auch in Schleſien ſollen mehremal ähnliche Früchte herabgefallen ſein, andere Früchte fielen 1822 bei Marienwerder und ſpäter bei Brieg. Am 27. Juli 1802 regnete es Früchte zu Leon, nach Jacquin ebenfalls Ranunculus ficaria. Am 8. Juli 1825 fielen Früchte wie Hagel bei Landshut in Schleſien. Im Jahre 1804 fiel in Andaluſien eine Menge Korn vom Himmel, nachher erfuhr man, daß daſſelbe der Sturmwind von einer Tenne in Tanger weggeführt hatte. Nach Göppert, der ſich beſonders auf ein 1830 in Schleſien vorgefallenes Ereigniß beruft, kommen die Knollen der Ranunculus fic. in den meiſten Fällen gar nicht mit dem Regen herab, ſondern werden nur durch ihn entblößt und vom Waſſer fortgeſchwemmt, woraus dann der Glaube entſteht, daß ſie mit dem Regen vom Himmel gefallen wären. Aehnliche Kornregen ſind am 28. Juli 1736 zu Bielitz in Schleſien, 1550 in Thüringen, 1570 in Ober-

baiern, 1571 bei Breslau, 1548 bei Klagenfurth, 1571 und 1691 zu Gottleberg und Villach vorgekommen. Auch die ſogenannten Schwefelregen ſind in der Regel nur ein Herabkommen durch den Wind fortgeführten Blüthenſtaubes, und eine große Anzahl der im Vorigen erwähnten gefärbten Regen mag einen derartigen Urſprung haben. Doch will man auch das Regnen wirklichen Schwefels bemerkt haben, wie am 24. Mai 1801 in der Gegend von Raſtadt. Es fiel Hagel und Regen, und nachher fand man in einem Gefäße oben auf Schwefel ſchwimmen, der an einem Stäbchen brannte. Ein Beiſpiel vom Regnen erwieſenen Blüthenſtaubes gibt die Erſcheinung, welche am 24. Mai 1804 bei Kopenhagen beobachtet wurde. Ein gelber Staub fiel während eines Gewitters, und es erwieß ſich hernach, daß es derſelbe Blüthenſtaub ſei, welchen ein Sturmwind von der 8 Meilen entfernten Inſel Amah entführt hatte. Ferner fiel am 19. April 1761 in der Gegend von Bourdeaux Regen, der mit vielem gelben Pulver gefärbt war, welches die Pariſer Akademie, der man Proben vorgelegt, für Blüthenſtaub der Tannen erklärte. Es kommen ſehr viele Erzählungen von ähnlichen Erſcheinungen vor. Beſonders merkwürdig ſind aber die Fälle, wo es Thiere geregnet, wobei jedoch zu bemerken, daß hierbei leicht Täuſchungen ſtattfinden können. So z. B. gibt es Mäuſegattungen, welche ſich ſcharenweiſe aus ihren Löchern aufmachen, und in Maſſen über die Felder herfallen, ſo daß es allerdings den Augenſchein haben kann, als wären ſie herabgeregnet. Fröſche werden nach längerer Trockenheit durch den erſten Regen ebenfalls ſcharenweiſe hervorgelockt, und endlich iſt es von den Heuſchrecken bekannt, daß ſie vom Winde getragen in Wolken ankommen, und in gewaltigen Maſſen die Fluren bedecken. Im J. 716 der Hedſchra ſollen aber nach oriental. Schriften bei Balbek Fiſche herabgefallen ſein, welche gebraten wurden, und zu Sarmin eine Menge dicker Fröſche; im J. 753 in Abyſſinien, und 775 zu Schizer in Syrien Schlangen; im J. 833 endlich zu Hemes in Syrien eine die Dächer und Häuſer bedeckende Menge grüner Fröſche. Auch in Päonien und Dardanien ſoll eine große Menge Fröſche, im Cherſones drei Tage nacheinander Fiſche herabgefallen ſein, und Euſthatius erzählt, daß einſt am Fuße des Berges Marcu eine Menge Ratzen in die Höhe gehoben und gegen die Mauern der Stadt geſchleudert worden ſeien. Sicherer ſind die Nachrichten vom Herabfallen von Häringen zugleich mit ſalzigem Waſſer, namentlich in Küſtengegenden. Solche Ereigniſſe haben ſich z. B. 1796 zu Lorn, 1821 zu Melford-Houſe und 1817 zu Apin (alle drei in der Nähe von Edinburg) zugetragen. Das letzte Mal fielen viele tauſend Häringe herab, welche $1\frac{1}{2}$ bis 3 Zoll lang waren. Zu Monaſtereen in der Grafſchaft Kildare fielen einſt kleine Muſcheln herab, und kleine Fiſche mit ſalzigem Waſſer am 1. Juli 1822 im Hofe des Potockiſchen Pallaſtes zu St. Petersburg, 1806 eine große Menge Krabben in Oldenburg, und ähnliche Fälle werden noch viele erzählt. In unglaublichen Mengen ſind Inſekten vom Himmel gefallen. Bei Neuſohl und Eperies in Ungarn ſoll am 20. Nov. 1672 mit vielem Schnee eine unzählige Menge gelber und ſchwarzer Raupen herabgefallen ſein, welche noch 3 Tage leb-

ten. Aehnliche Inſektenregen kamen am 10. Jan. 1818, am 22. Dec. 1819 und am 30. Jan. 1820 zu Hartau und Spachendorf in Schleſien vor, eben ſo am 17. Oct. 1827 zu Pokroff im Gouvernement Twer. Bei einem Raupenregen am 23. Dec. 1815 zu Valorbe war ein Viertel Juchert Land von dieſen Thieren bedeckt, und zu St. Hermine in Fontenay waren die Einwohner genöthigt, Feuer vor den Häuſern anzuzünden, um ſich des Andrangs zu erwehren.

Daß ſich die Regentropfen wie oben (S. 279.) angegeben wurde, vergrößern, wenn ſie auf ihrem Wege nach der Erde durch wärmere Luftſchichten gehen, ergibt ſich aus einer großen Anzahl von Erſcheinungen. Im Allgemeinen ſind die durch den Nebel gebildeten Waſſertropfen viel kleiner als die des Regens, weil der Nebel ſich dicht an der Erde erzeugt, worin ſein Unterſchied von den Regenwolken beſteht, alſo ein Herabfallen der Tropfen aus einiger Höhe hier gar nicht ſtattfindet. Im Winter ſind die Regentropfen kleiner als im Sommer, und in kälteren Gegenden kleiner als in wärmeren, weil aus der kälteren Luft auch weniger Waſſerdunſt niedergeſchlagen werden kann. Die größten Tropfen fallen im Sommer vor einem Hagelwetter. Hier ſieht man ſchon aus der nachfolgenden Eisbildung, daß die Waſſertropfen, welche herabfallen, viel kälter als die Luftſchichten, durch welche ſie gehen, ſind, und es erfolgt daher ein ſtarker Niederſchlag aus dieſen wärmeren Luftſchichten an die durch ſie hinfallenden Tropfen. Wahrſcheinlich ſind dieſe Tropfen in den unteren warmen Regionen geſchmolzene Hagelkörner, welche aus ſehr bedeutenden Höhen herabkommen. Die größten Regentropfen kommen in den heißeſten, den Aequatoralgegenden vor. Hier ſollen ſie zuweilen einen Zoll im Durchmeſſer erlangen, und beim Auffallen auf die Haut eine ſehr unangenehme Empfindung erzeugen. Am meiſten aber wird die obige Meinung noch durch den Umſtand beſtätigt, daß man im Allgemeinen gefunden hat, daß bei jedem Regen die Waſſermenge, welche auf einem niedriger gelegenen Orte auffält, größer iſt, als die an einem höheren Orte ſich ſammelnde.

Bei Beobachtungen über die Quantität des herabfallenden Regenwaſſers bedient man ſich eigener Inſtrumente, welche **Regenmeſſer** heißen. Fig. 111. ſtellt einen gewöhnlichen Regenmeſſer vor. Er beſteht in einem Cylinder von 6 bis 8 Zoll Durchmeſſer, der aus einem Recipienten CC′ und einen Behälter SS′ zuſammengeſetzt iſt. Der Recipient hat einen koniſch zugehenden Boden, der bei O mit einer Oeffnung verſehen iſt, und iſt an dem Behälter SS′ nach Art eines Bajonetts befeſtigt. In dem Boden des Behälters mündet eine Röhre T, welche wie die Fig. zeigt, gebogen iſt, und eine gläſerne Röhre VV′ aufnimmt, die ſenkrecht neben dem Cylinder in die Höhe geht. Dieſe Glasröhre iſt in gleiche Theile getheilt und dient, um an ihr die Höhe des Waſſers im Behälter zu beobachten. Man mißt genau die Fläche des Recipienten CC′, beſtimmt den Rauminhalt des Behälters SS′, um zu wiſſen, wie groß die Quantität der im Behälter enthaltenen Flüſſigkeit ſei, im Vergleich mit den verſchiedenen Höhen derſelben in VV′. Mit Hilfe dieſes Inſtrumentes kann man nun die Quantität

des Regens leicht berechnen, d. h. beſtimmen, wie dick die Schicht geweſen ſein würde, welche das Waſſer in einem Gefäße mit ebenem und horizontalem Boden gebildet haben würde. Fig. 112. zeigt einen Regenmeſſer, welcher im Obſervatorium zu Paris aufgeſtellt iſt. CC′ iſt der Recipient, SS′ der Behälter, das Waſſer fällt aus dem Recipienten in den Behälter durch die Röhre T, ein wenig unterhalb des Cylinders befindet ſich ein cylinderförmiges Gefäß, welches ſorgfältig geaicht iſt, und auf ſeiner innern Wand Theilſtriche trägt, welche in Centimetern die Höhe der Flüſſigkeit anzeigen. Der Recipient hat einen Durchmeſſer von 76 Centimeter, und das untere Gefäß einen Durchmeſſer von 24 Centimeter, ſo daß die Oberfläche des letztern dem 10ten Theil der Oberfläche des erſtern gleich iſt. Man bedient ſich auch noch kleiner graduirter Gefäße, um die kleinen Bruchtheile zu meſſen. Dieſer Apparat ſteht mitten in dem Hofe des Obſervatoriums; er wird von einem kleinen eichenen Geſtell getragen, welches eine Art Schrank bildet, in dem ſich der Behälter, das untere Gefäß und die graduirten Gefäße befinden. Ein ähnlicher Apparat iſt unterhalb der Terraſſe des Obſervatoriums aufgeſtellt; ſein Recipient befindet ſich 28 Meter unterhalb des Recipienten auf dem Hofe, und beide Recipienten ſind vollkommen frei und unbedeckt. Folgendes war das Reſultat der Beobachtungen, die von 1817 bis 1829 mit Hilfe dieſer beiden Inſtrumente angeſtellt worden ſind. Die Quantitäten des Regens, welche auf dem Obſervatorium zu Paris geſammelt wurden, waren;

im Jahre	im Hofe	auf der Terraſſe
1817	57 Centimeter	51 Centimeter
1818	52	43
1819	69	62
1820	43	38
1821	65	58
1822	48	42
1823	52	46
1824	65	57
1825	52	47
1826	47	41
1827	58	50
1828	63	59
1829	59	56
Mittel	56	50

Hiernach iſt alſo für dieſe 13 Jahre die mittlere Quantität des Regens, welche jährlich zu Paris in dem Hofe des Obſervatoriums fällt, 56 Centimeter, während die mittlere Quantität, welche auf der

Terraſſe fällt, nur 50 Centimeter iſt. Dieſe Differenz iſt nicht zufällig, weil ſie jedes Jahr in demſelben Sinne und faſt mit demſelben Werthe ſtattfindet. Hieraus folgt das bemerkenswerthe Reſultat, daß zu Paris die Quantität des Regens, welche bei 28 Meter Höhe fällt, nur $\frac{8}{9}$ derjenigen iſt, welche auf der Ebene fällt. Erklärung findet aber dieſe Erſcheinung in den oben ausgeſprochenem Umſtand, daß die Waſſertropfen während ihres Herabfallens durch die niedern Schichten der Atmoſphäre, vermöge der von ihnen bewirkten Condenſation des Waſſerdampes an Größe zunehmen. *)

---

*) In Bezug auf die eben angeführten und in Folgenden enthaltenen Beobachtungen iſt zu bemerken, daß bei den Regenmeſſern natürlich auch diejenigen Quantitäten Waſſer mitgerechnet ſind, welche gefroren herabkommen, da ihre Bildung im Allgemeinen dieſelbe wie die des Regens iſt.

Eine andere Einrichtung als die oben beſchriebene hat der von Horner vorgeſchlagene Regenmeſſer, der den Vorzug hat, daß das Gefäß niemals vom Regen überfüllt werden kann, und daß in ihm auch keine Verdunſtung des Waſſers ſtattfinden kann. Kämtz theilt von demſelben nachſtehende Beſchreibung mit. Fig. 113. gibt eine perſpective Anſicht dieſes Regenmeſſers; Fig. 114. einen Querſchnitt derſelben. Aus der Röhre T, eines Trichters von beliebiger Größe, fließt das Regenwaſſer in eine Art Schiffchen AB von Weißblech, das bei C (Fig. 113. bis 116.) eine feſte Scheidewand hat, und bei D und D′ zwiſchen zwei Spitzen ſo beweglich iſt, daß es eine bedeutende Oberlaſt hat. Vermöge der letztern ſteht es nie horizontal, ſondern fällt nach der einen oder andern Seite über, ſo daß immer eine der Abtheilungen ſenkrecht unter die Oeffnung des Trichters zu ſtehen kommt, wie die Lage in Fig. 113. es darſtellt. Der Gang dieſes Inſtrumentes iſt nun leicht zu erkennen. Sobald die jetzt oben ſtehende Abtheilung des Schiffchens A ſich ſoweit mit Waſſer gefüllt hat, daß ſie das Gewicht der andern leeren Hälfte, und den Widerſtand, welchen das unterhalb ſtehende Räderwerk entgegenſetzt, zu überwinden vermag, ſchlägt das Schiffchen um, und erhebt dadurch die andere Abtheilung B, die nun gleichfalls ſich füllt, um bald umzuſchlagen. Es bedarf alſo nur einer Einrichtung, um die abwechſelnden Schwankungen des Schiffchens zu zählen, und dieß geſchieht durch folgende Anordnung: EE iſt ein Rad von 50 Zähnen, die, wie die Fig. zeigt, ziemlich niedrig und auf der einen Seite ſenkrecht abgeſetzt ſind, ſo daß der am Schiffchen befeſtigte Haken ſich leicht über denſelben hinſchieben und mit Sicherheit das Rad rückwärts ziehen kann. Dieſes findet ſtatt bei jeder zweiten Ausleerung oder jedem Ueberſchlagen von A. Indem B ſich ausleert, wird der Haken F um einen Zahn vorgeſchoben, und damit das Rad ſelbſt hierdurch nicht aus ſeiner Stellung verrückt werde, iſt an dem Ständer D′H der Hebel G angebracht, welcher mit einiger Schwere auf dem Rade aufliegt, ſo daß daſſelbe wohl durch den Hebel F zurückgezogen, niemals aber nach der andern Seite bewegt werden kann. Die beiden krummgebogenen Drähte J und J′ (der letztere iſt der Deutlichkeit wegen in der Zeichnung abgebrochen) dienen, das Schiffchen in der einen und der andern Lage zu unterſtützen, ſo daß der Grad ſeiner Neigung

Da der Regen von dem in der Atmoſphäre enthaltenen Waſſerdampfe abhängt, und dieſer offenbar in einer um ſo größeren Maſſe ſich erzeugt, je mehr durch die Wärme der Atmoſphäre die Verdampfung des Waſſers begünſtigt wird, ſo müſſen, wie dieſes auch die Erfahrung beſtätigt, im Allgemeinen die wärmern Länder reicher an Regen ſein als die kälteren. Da hingegen der Niederfall des Regens in jedem einzel-

---

conſtant ſei, eine Bedingung, die auch leicht auf anderem Wege zu erreichen iſt. — Vermittelſt des Rades EE laſſen ſich nun bis auf 50 Schwankungen oder 100 Ausleerungen des Schiffchens zählen, eine Größe, die auch für den ſtärkſten Regen, der binnen 12 Stunden (z. B. die Nacht über) fallen möchte, mehr als hinreichend iſt. Einigen Verſuchen zu Folge füllt ſich jede Kammer des Schiffchens vor dem Umſchlagen bis auf etwa 1 Kubikzoll an. Gäbe man dem kreisförmigen Trichter etwa 10 Zoll Durchmeſſer ſo iſt der Flächenraum ſeiner Oeffnung $78\frac{1}{2}$ Zoll; mithin würden die 100 Kubikzoll Waſſer jenen Flächenraum etwa $\frac{5}{4}$ Zoll hoch anfüllen, was bereits ein bedeutender Regenguß wäre. Sollte er auch noch ſtärker ſein, ſo wird man ſich nie um $1\frac{1}{4}$ Zoll Regenhöhe irren können, und um aller Ungewißheit zu entgehen, dürfte man nur ein cylindriſches oder prismatiſches Gefäß von etlichen Zollen Höhe und ein Paar Zollen Durchmeſſer neben dem Trichter ausſetzen, in welchem die Waſſerhöhe die Ganzen, das Rad die Theile angäbe. Man iſt jedoch auch dieſer Mühe überhoben, wenn man die ſinnreiche Einrichtung der nachlaufenden Räder (hunting wheels) benutzt, wodurch weder die Belaſtung, noch die Reibung der Maſchine auf eine ſo nachtheilige Art vermehrt wird, wie dieſes durch Räderwerk der Fall wäre. Es befindet ſich nämlich hinter dem Rade EE ein anderes Rad LL von 51 Zähnen, welches auf der Axe K (Fig. 113. und 114.) befeſtigt iſt, während EE nur vermittelſt einer Hülſe auf derſelben ſich dreht, und durch den ebenfalls auf der Axe feſten Zeiger Z gegen das Abgleiten geſichert iſt. Beide Räder werden zugleich mit einander durch den Haken F fortgezogen und ſo wird, wenn das Rad EE um 50 Zähne verſetzt worden iſt, das hintere Rad LL noch um den 51. zurück ſein, und der Weiſer Z, welcher mit ihm in feſter Verbindung ſteht, wird um einen Grad der Eintheilung zur Rechten des Nullpunktes ſtehen; bei einer folgenden Revolution des Rades EE um zwei Grade u. ſ. f., ſo daß man mit dieſer einfachen Vorrichtung 50 ganze Umläufe des Rades, mithin 50 mal 100, oder 5000 Ausleerungen des Schiffchens notirt finden kann, was für den Trichter von 10 Zoll Durchmeſſer einer Waſſerhöhe von 64 Zoll gleich käme; alſo hinreichte, den Regen zweier Jahre zu meſſen. Daß dieſer Regenmeſſer keinem andern an Genauigkeit nachſtehe, iſt leicht erſichtlich; es ſind nämlich 100 Kubikzoll gleich einem Cylinder von 78,5 Quadratzoll Baſis, und 1,273 Zoll Höhe; alſo eine Ausleerung gleich dem hundertſten Theil dieſer Höhe, gleich 0,0127 Zoll oder 0,15 Linien. Der Werth eines Grades der Eintheilung oder die eigentliche Sprache des Inſtrumentes läßt ſich jederzeit leicht ausmitteln, indem man ein genaues Flüſſigkeitsmaß, deſſen Capacität in angenommenen Kubiktheilen, z. B. Kubikzollen, durch Aichung oder durch geometriſche Ausmeſſung bekannt iſt, mehre Male nach einander in

nen Falle durch ein Herabgehen der Temperatur bedingt wird, ſo wird es in den Gegenden am öfterſten regnen, wo die meiſten Temperaturwechſel ſtattfinden. Dieß letztere iſt insbeſondere in den gemäßigten Klimaten der Fall. In den heißen wird es daher im Allgemeinen ſeltener als in den gemäßigten regnen, dann aber um ſo ſtärker, ſo daß doch im Ganzen mehr Regen in jenen als in dieſen herabfällt. Ueber-

---

den Trichter ausgießt und die entſpechenden Angaben des Rades damit vergleicht, eine Operation, die von Zeit zu Zeit wiederholt werden muß, um ſich zu verſichern, ob und wie viel etwa eingetretene ſtärkere Reibungen die Anfüllungen der Kammern des Schiffchens vermehrt hätten. — Die beigefügten Zeichnungen ſtellen das Inſtrument in der halben Größe dar. Der Boden derſelben HH, ſo wie die Ränder HD ſind von ſtarkem Eiſenblech, etwa 2 Linien dick. Alle Bewegungen gehen zwiſchen Schraubenſpitzen. Das Schiffchen iſt etwa 5 Zoll lang, 2 Zoll breit, und in der Mitte etwa 1¼ Zoll hoch. Seine Form iſt cylindriſch concav, weil die Erfahrung zeigte, daß bei einem planen Boden, ungeachtet der merklichen Senkung, beim Entleeren immer eine Waſſerſchicht von 1 bis 2 Linien Dicke liegen blieb, welche die Unterlaſt derſelben auf eine unbequeme Weiſe vermehrt hätte. Die Länge der Kammern von der Scheidewand bis zum Auslauf iſt etwa 2¾ Zoll, und dürfte wohl auf 3 Zoll gehen, weil dadurch die Hebelwirkung des Waſſers vor dem Auslaufen vermehrt wird. Als Zeiger für die einzelnen Eintheilungen kann man die Schärfe des Hebels G gebrauchen, oder auch irgend anderswo am Geſtell auf einen feſten Weiſer anbringen, während der Zeiger Z die ganzen Umläufe des Rades, oder die Hunderte der Entleerungen angibt. Da jeder Grad der Eintheilung zwei Entleerungen gleich iſt, ſo muß die Angabe des Hebels G verdoppelt werden, und wenn zugleich die Abtheilung B es iſt, die zuletzt umgeſchlagen (wie die Fig. es darſtellt), ſo muß zu dieſer Zahl noch 1 hinzugeſetzt werden. Das Ganze iſt ſchwarz gefirnißt, die Eintheilung auf der gezahnten Scheibe hingegen weiß auf ſchwarzem Grunde, wobei die Striche recht ſicher vermittelſt der Reißfeder mit Firnißfarbe gezogen werden können. Die Maſchine kommt in ein Käſtchen (Fig. 117.) von etwa 10 Zoll in Kanten zu ſtehen, das mit Glasfenſtern und einer verſchloſſenen Thüre verſehen, und auf welchem der Trichter T vermittelſt eines flachen angelötheten Ringes oder Kragens befeſtigt iſt. Im Boden derſelben, ſenkrecht unter den Ausleerungen des Schiffchens ſind Löcher groß genug, um dem Waſſer freien Abzug zu geſtatten. Das ganze Gehäuſe iſt ſtark mit Oelfarbe angeſtrichen, um den Einflüſſen der Witterung deſto beſſer zu widerſtehen, es könnte auch ganz von Blech verfertigt werden. Die Ausſetzung des Regenmeſſers hängt von Oertlichkeiten ab, nur muß er ſolid befeſtigt ſein. Der Auffangungstrichter muß ziemlich ſteil von Steigung ſein, damit die oft langſam einfallenden Regentropfen nicht einzeln auf dem Abhange liegen bleiben und verdunſten, oben muß er einen aufrechten cylindriſchen Rand Rand haben, deſſen innerer Durchmeſſer an mehren Stellen ſorgfältig nachgemeſſen werden muß. — Es ſei nun a der Flächenraum, welcher dieſem Durchmeſſer zukommt; M das gebrauchte Flüſſigkeitsmaß in Kubikzollen;

dieß iſt im Allgemeinen in den heißen Gegenden der Thau beträchtlicher als in den gemäßigten, weil er ſich hier aus den des Nachts mit Waſſer geſchwängerten Luftſchichten zunächſt an der abgekühlten Erde niederſchlägt. In den kalten Klimaten wird überhaupt nur ſelten und wenig Waſſer aus der Atmoſphäre niederfallen, und dieß in der Regel als Schnee. Es gibt jedoch namentlich in den heißen Gegenden Länderſtrecken, in denen es nur ſehr wenig oder gar nicht regnet. Dieß iſt dann ſtets eine Folge örtlicher Verhältniſſe, indem wo wenig Waſſer verdunſtet und ſelten ein Temperaturwechſel ſtattfindet, auch nur wenig Waſſer niederfallen kann. So iſt ſchon nach den Zeugniſſen der Alten in Aegypten das Regnen eine ſeltene Erſcheinung. Am öſtlichen Ufer der Indus in Tatta fiel 3 Jahre hindurch kein Regen; auch auf den canariſchen Inſeln fehlt der Regen oft zwei Jahre lang; in Fezzan und Lima, auf dem Küſtenſtriche von Peru, fehlt der Regen gänzlich; zu Cumana, La Guayra, auf den Margaretheninſeln fallen nur im October und November wenige Tropfen; in der braſiliſchen Provinz Ciara fiel von 1792 bis 1796 kein Regen. In vielen

---

N die Zahl der Ausleerungen des Schiffchens, welche dieſes Quantum Waſſer erheiſcht, um durchzulaufen; n die Zahl der Ausleerungen nach einem Regen, und h die abſolute Höhe des gefallenen Regens; ſo iſt erſtlich $\frac{M}{N}$ gleich dem Werth einer Ausleerung in Kubikzollen; mithin $n \frac{M}{N}$ gleich der auf die Trichteröffnung gefallenen Regenmenge, welche daſelbſt einem Waſſercylinder von der Größe a h entſprechen würde; daraus folgt $h = \frac{n M}{a N}$. Hier ſind M und a unveränderliche Größen; n iſt vielleicht wegen Ungleichheit der Reibung einer kleinen Aenderung unterworfen, die wohl erſt nach längeren Zeiträumen bemerkbar werden kann; mithin braucht man das jedesmal beobachtete n nur mit dem conſtanten Faktor $\frac{M}{a N}$ zu multipliciren, um h zu erhalten. Wäre z. B. $M = 68$ Kubikzoll; das ihm entſprechende $N = 40$; $n = 13$ und $a = 78{,}5$ Quadratzoll: ſo iſt $\frac{M}{N} = 1{,}7$ Kubikzoll; $\frac{M}{N a} = 0{,}0218$, ſomit $n = n \times 0{,}0218 = 0{,}284$ Zoll = 3,4 Linien Höhe. Wäre N nur = 39, ſo würde $h = 0{,}289$ Zoll; woraus erhellet, daß auch eine Aenderung der Reibung im Räderwerk auf das Reſultat von geringem Einfluß wäre. Um jedoch auch gegen dieſe Beſorgniß ſich völlig zu ſichern, möchte es für einen fleißigen Beobachter vorzüglicher ſein, jenes zweite Rad von 51 Zähnen ganz wegzulaſſen, und dagegen dem Rade EE einen etwas größern Durchmeſſer, und 100 Zähne ſtatt 50 zu geben. Zu bemerken iſt noch, daß der am Schiffchen befeſtigte Hebel, welcher den Haken K in Bewegung ſetzt, ſo lang ſein muß, daß er denſelben um etwa $1\frac{1}{2}$ Zähne vorſchiebt, damit das Umſchlagen des Schiffchens durch keinerlei Widerſtand gehindert werde, und der Haken den Zahn erſt berühre, wenn jenes bereits einige Beſchleunigung erhalten hat.

Gegenden mag der Regenmangel auch daher rühren, daß die mit Waſſerdunſt erfüllten Luftmaſſen ſogleich wieder vom Winde fortgeführt und durch andere warme aus waſſerleeren Gegenden kommende Luftmaſſen erſetzt werden.

In der heißen Zone regnet es im Allgemeinen nur in gewiſſer Zeit des Jahres, dann aber ſehr bedeutend. Hier nämlich tritt die Regenzeit an die Stelle des Winters, indem das Herabgehen der Temperatur nur einen Niederſchlag des in größter Quantität in der Luft enthaltenen Waſſerdampfes zur Folge hat. Es wechſelt hier ſehr regelmäßig eine Zeit der völligen Dürre mit einer Zeit faſt fortwährenden Regnens, welche Zeiten die Indianer Sonne und Regen nennen. Muncke gibt von dem Verlauf dieſer Regenzeiten (vergl. d. Art. Jahreszeiten und Klima) nach Humboldt folgende allgemeine Beſchreibung. Im amerikaniſchen Binnenlande öſtlich von den Cordilleren von Merida und Neu-Granada, in den Llanos von Venezuela und vom Rio Meta, vom 4. bis 10. Grade n. B. iſt der Himmel vom Decbr. bis Febr. ſo vollkommen heiter, daß auch das geringſte Wölkchen die größte Aufmerkſamkeit der Bewohner erregt. Gegen Anfang des März zeigt ſich der Himmel minder dunkel, die Sterne erſcheinen weniger hell, und hygroſkopiſche Subſtanzen zeigen Spuren größerer Feuchtigkeit der Atmoſphäre, der beſtändige NO-Wind (die Briſe) wird durch Windſtillen unterbrochen, und es ſammeln ſich Wolken in SSO., die ſich zuweilen vom Horizonte loszureißen ſcheinen, und dann mit unglaublicher, der ſchwachen Bewegung der untern Luftſchichten keineswegs angemeſſener Geſchwindigkeit die obern Regionen des Himmels durchlaufen. Am Ende des März gewahrt man zuweilen gen Süden kleine elektriſche Explosionen, wie phosphoriſche, auf eine einzige Dunſtgruppe beſchränkte Funken, es treten mehre Stunden anhaltende Weſt- und Süd-Weſt-Winde ein, und dieſe ſind ſichere Vorzeichen der beginnenden Regenzeit, die am Oronoko gegen Ende Aprils anfängt. Gleichzeitig erreicht die Hitze den höchſten Grad, die Luftelektricität, die ſonſt regelmäßig poſitiv zu ſein pflegt, verſchwindet, und geht zuweilen in negative über, und täglich herrſchen Gewitter von den heftigſten Regengüſſen begleitet. Es iſt jedoch ein faſches Vorurtheil, wenn man glaubt, dieſe Regen dauerten ganze Tage oder Wochen ohne Unterbrechung, vielmehr vergeht kaum oder nie ein Tag, wo nicht die Sonne wieder hervorkommt, und die Hitze bei größter Feuchtigkeit der Luft einen unausſtehlichen Grad erreicht. In der angegebenen Gegend erfolgt das Aufſteigen der Gewitter in der Regel zwei Stunden nach Mittag, höchſt ſelten hört man den Donner am Morgen oder während der Nacht, und Nachtgewitter ſind nur gewiſſen Flußthälern eigen, die ein beſonderes Klima haben; eben ſo hört auch der Regen gegen Abend auf, da er gleich nach dem Anfange der Gewitter die größte Heftigkeit erreicht. Gleichzeitig hören die regelmäßigen NO-Winde auf oder wechſeln mit den SW- oder SO-Winden, Vendavales, die in einigen Gegenden ſich als heftige Stürme zeigen.*) — Ueberall findet es ſich, daß die

*) In der Bai von Biafra unterhalb des Kaps Formoſa fängt die Periode

periodiſchen Regen mit leichten Wolken und Nebel, und mit einer Veränderung des ſonſt gewöhnlichen Windes beginnen. Es iſt ferner Regel, daß dieſe periodiſchen Regen mit dem Eintritt der Sonne in den Parallelkreis eines Ortes für dieſen Ort beginnen. In Afrika unter dem Aequator bis zur Goldküſte beginnt die Regenzeit in der Mitte des März, ebenſo in der Gegend der Bai von Benin und am Cap St. Paul; von der Sierra-Leona bis Cap Apollonia Mitte April; in Guinea Anfangs Mai; an der Sierra-Leona Küſte im Mai, am Senegal oder überhaupt von 12° n. Br. bis zum Wendekreiſe Anfang Juni, in Dar-Fur Mitte Juni, desgleichen auf dem nördlichen Theile der Mandingo-Terraſſe, dagegen in Boreu ſchon Mitte Mai und in Gondar ſchon Anfang März, in Calcutta Anfang Juni, in Luknow Mitte Juni, auf Java im October.

Aus der angezeigten Abhängigkeit der Regenzeit von dem höchſten Stand der Sonne ergibt ſich, daß es für diejenigen Orte, für welche die Sonne jährlich zweimal durch den Parallelkreis geht, zwei Regenzeiten geben muß. Dieſe ſind durch eine trockene Jahreszeit oder doch durch eine merkliche Verminderung des Regens geſchieden. Ueber die Weite nach Norden und Süden, bis zu welcher die periodiſchen Regen ſich erſtrecken, fehlt es an Beobachtungen. Jedenfalls findet ein allmähliger Uebergang in unſere Klimate ſtatt. So ſcheint in Ha-

---

der heftigen Stürme, der Tornados, ſchon in der erſten Hälfte des Februar an, und endigt in der Mitte des März, worauf die Regenzeit beginnt, die bis zur Mitte des Mai fortdauert. Auf dieſe folgen Nebel, bis ans Ende des Monats, die jedoch minder dicht ſind, als in der Bai von Benin, es tritt dann heiteres Welter ein, dauert bis zur Mitte Septembers bloß durch leichte Nebel unterbrochen fort, worauf dann die zweite, ungleich heftigere, Regenzeit anfängt, die bis Ende Octobers dauert. Nach dieſer fängt wieder heiteres Wetter an, dort die ſchönſte und angenehmſte Jahreszeit, bis zum Wiederanfange der Frühlings-Tornados, die zwar eigentlich der Regenzeit vorangehen, nicht ſelten aber während ihrer ganzen Dauer herrſchen. — Uebereinſtimmend hiermit beſchreibt Chriſtie die periodiſchen Regen in Darwar. Dort iſt der SW-Wind die herrſchende Briſe, aber die Regenwolken werden durch öſtliche Winde herbei getrieben. Einige heftige Gewitter, ausgezeichnet durch die Stärke der elektriſchen Exploſionen fallen zwar ſchon in den April und Mai, aber die eigentlichen Regen beginnen erſt im Juni oder im Anfange des Juli. Dann wehen die ſüdweſtlichen regelmäßigen Winde zwar Vormittags, allein zwiſchen drei und fünf Uhr Nachmittags thürmen ſich im Oſten dunkle Wolken auf, bewegen ſich unabläſſig dem Winde entgegen, überziehen den Himmel mit einer dichten ſchwarzen Maſſe, werden von häufigen Blitzen durchfurcht und erſt, wenn ſie ganz nahe gekommen ſind, ſetzt ſich der Wind plötzlich nach O. um, und treibt die Wolken herbei, die dann ihr Waſſer oft mit Hagel vermiſcht, ausſchütten. Der Wind wird demnächſt veränderlich, bläſt aus allen Richtungen; endlich gewinnt der weſtliche wieder die Oberhand, und das heitere Wetter kehrt mit ihm zurück. —

vannah der Charakter der period. Regen ſchon verwiſcht zu ſein, in der Sahara ſcheinen ſie ihre nördliche Grenze in etwa 16° N. zu haben. In Dongola in 18° N. ſind die Regen nicht mehr regelmäßig: ſo gab es in Ambukol im J. 1829 nur fünf Regenſchauer und nicht viel mehr im folgenden Jahre; dieſe Sommerregen werden in der Landſtrecke Beheda (in der Nilkrümmung nordweſtlich von Shendi) in 17° N. ſchon ziemlich regelmäßig und in Shendi ſind die Regen ſchon heftig. Nördlicher ſcheint die Grenze in der Nähe des Meeres zu liegen, und auch in Nubien ſcheint ſie ſich faſt bis 19° N. zu erſtrecken, ſo daß dieſe Grenze im Innern Afrikas wahrſcheinlich eine krumme gegen den Aequator convexe Linie bildet. *)

Eine Folge der großen Quantitäten Waſſer welche bei den periodiſchen Regen herabfällt, iſt ein Anſchwellen der Flüſſe in jenen Gegenden, welches eben ſo regelmäßig wie die Regen ſelbſt iſt, und ſich daher auch von dem Stande der Sonne abhängig zeigt. Häuft ſich das Waſſer in großen Flüſſen an, ſo geht die Anſchwellung bis zur Mündung der Ströme, ſelbſt wenn dieſe bis über die Gegenden des periodiſchen Regens ſelbſt hinausgehen. Vom Nil iſt dieſes periodenweiſe Anſchwellen ſeit den älteſten Zeiten bekannt, aber wie der Nil ſo verhalten ſich alle Flüſſe der Tropengegenden.

In den höheren Breiten erfolgen das ganze Jahr hindurch hydrometeoriſche Niederſchläge, ſo daß es keine beſondere Regenzeit mehr gibt. Indeß iſt die Regenmenge in den verſchiedenen Monaten nicht gleich, und hierin zeigt ſich namentlich in Portugal, Italien und dem ſüdlichen Frankreich noch eine Annäherung an die periodiſchen Regen. In Portugal fällt während des Sommers nur etwa $\frac{1}{12}$ ſo viel Regen als während des Winters, ſo daß im Sommer die Regen faſt ganz verſchwinden, während ſie im Winter ſehr bedeutend ſind.

---

*) Von dem allgemeinen Gange macht Hindoſtan eine Ausnahme. Die Weſtküſte dieſer Halbinſel hat ihre naſſe Jahreszeit während des SW., die öſtliche während der NO-Mouſſons (Paſſatwinde im indiſchen Meere ſ. d. Art. Wind.) Indem nämlich (ſagt Kämtz) der vom Meere kommende SW-Wind an der Küſte Malabar durch die Ghats (Gebirgskette Oſtindiens) aufgehalten wird, häuft ſich dort eine Menge von Dämpfen an, die in den höheren Regionen condenſirt werden und viele Regen und heftige Stürme verurſachen, daß keine Schiffe landen können. Dieſe Stürme erſtrecken ſich oft 50 Lieues von der Küſte, weiterhin iſt der Himmel heiter. Ganz daſſelbe erfolgt während der NO-Mouſſons an der Küſte Coromandel, nur iſt hier das Gebirge weniger ſteil und das Wetter weniger ſchlecht. Das Plateau von Decan nimmt an beiden Jahreszeiten Theil, nur kommt hier die Luft ziemlich trocken an, und daher ſind die Regen nicht ſehr bedeutend. Ebenſo zeigt Ceylon dieſen Gegenſatz der Oſt- und Weſtküſte in einem kleineren Maßſtabe. So wie die naſſe Jahreszeit in Amerika und Afrika mit der Sonne fortrückt, ſo auch hier; die Regenzeit fängt in Calcutta am 2. Juni an, in Lucknow etwa 16 Tage ſpäter.

In dem übrigen Europa hängen die Regen durchaus mit den Winden zuſammen. Die weſtlichen Winde kommen über weit ausgedehnte Meere, ſind daher feucht und wenn dieſe in kältere Regionen kommen, ſo ſchlägt ſich Waſſer aus ihnen nieder. Im Gegenſatze kommen die öſtlichen Winde über weit ausgebreitetete Ländermaſſen, enthalten daher nur wenig Waſſerdampf, und bei denen die aus den kälteren Regionen in wärmere kommen, kann ſich daher, wenn nicht beſondere Umſtände einwirken, kein Regen niederſchlagen. Im Allgemeinen wird es daher bei weſtlichen Winden regnen, bei öſtlichen nicht; dieſes beſtätigt auch die Erfahrung. L. v. Buch hat aus Beobachtungen in Berlin gefunden, daß wenn man die Anzahl der ſämmtlichen Niederſchläge in Berlin = 100 ſetzt, folgende Vertheilung derſelben gegen die Winde ſich ergibt:

N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
4,1	4,0	4,9	4,9	10,2	32,8	24,8	14,4

Man ſieht daß bei den N. und NO-Winden nur ſehr wenige, bei den SW-Winden dagegen ſehr viele Regen ſtattfinden. Ebenſo wird dieſes klar, wenn man eine Zuſammenſtellung betrachtet, auf wie viele Winde aus einer jeden Himmelsgegend, einmal Regen kommt:

N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
5,8	8,1	8,8	6,9	3,8	2,8	4,2	4,5

Hieraus folgt, daß jeder dritte S.W. Wind Regen bringt, während erſt bei jedem neunten O. Wind es einmal regnet. Intereſſant iſt es, das Verhältniß der Regen gegen die Winde in derſelben Weiſe in Bezug auf die einzelnen Jahreszeiten zu vergleichen, während welches ſich daſſelbe nicht völlig gleich bleibt. Wenn es in Berlin einmal regnet, ſo iſt die Zahl, wie oft jeder Wind wehen muß

	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Winter	5,0	4,4	8,3	6,6	3,9	2,6	3,2	3,3
Frühling	3,8	4,6	11,1	7,8	4,2	3,0	3,8	5,1
Sommer	7,5	9,9	5,4	6,4	2,8	2,4	4,0	4,9
Herbſt	10,3	9,2	24,1	6,6	4,5	3,2	5,8	4,0

Hieraus ſieht man, daß es zwar in allen 4 Jahreszeiten bei den Süd- und Weſt-Winden ſehr viel regnet, bei den Nord- und Nordoſt-Winden dagegen im Winter und Frühling ungleich mehr als im Sommer und Herbſt Regen auftritt, beſonders auffällig iſt die Differenz der Jahreszeiten beim Oſtwinde, bei dem es im Sommer, wenn auch viel ſeltener als beim SW-Winde, doch immer viel häufiger als im Herbſt regnet. Im Herbſt wird es bei Oſtwind faſt niemals regnen. Der Gegenſatz zwiſchen den nordöſtlichen und ſüdweſtlichen Winden in Bezug auf den Regen würde, wie Kämtz bemerkt, wahrſcheinlich noch weit auffälliger ſein, wenn durch die ganze Atmoſphäre durchgängig in allen Höhen derſelbe Wind herrſchte. Eine Zuſammenſtellung gleichzeitiger Beobachtungen zeigt nicht ſelten, daß der SW-Wind an vielen Orten bereits herrſcht, wenn es beim NO-Winde regnet. Der SW-Wind hat ſchon in den oberen Regionen und in den weſtlichen Gegen-

den das Uebergewicht erhalten, während der NO-Wind in der Tiefe noch fortdauert, um jenem in kurzer Zeit zu weichen. Unter ſolchen Verhältniſſen iſt es ſcheinbar der NO-Wind, in Wahrheit aber der SW-Wind, welcher den Regen bringt. Aber ſelbſt wenn es beim NO-Winde regnet, zeigt ſich meiſtens (nach Kämtz) ein bedeutender Unterſchied in dem Verhalten des Regens bei NO- und SW-Winden. Wenn NO-Winde plötzlich das Uebergewicht erhalten, ſo ſinkt die Temperatur ſchnell, Dämpfe werden in kurzer Zeit condenſirt, der Regen fällt dicht und in großen Tropfen herab, bald aber hat das meiſte Waſſer den Boden erreicht, und es folgt heiterer Himmel. Regnet es bei SW-Winden, ſo iſt der Regen meiſtens fein und hält lange Zeit an.

Auch Beobachtungen aus anderen Orten in Mitteleuropa beſtätigen im Allgemeinen die Erfahrung, daß die weſtlichen und ſüdlichen Winde diejenigen ſind, bei denen es am häufigſten regnet, doch werden durch Localverhältniſſe auch ſcheinbare Ausnahmen bedingt. In Mannheim z. B. iſt vorzugsweiſe der Südwind der feuchteſte, feuchter als der Weſtwind, weil die Dämpfe der weſtlichen Winde bereits auf der Weſtſeite der Vogeſen niedergeſchlagen werden. Aus einem ähnlichen Grunde liegt der trockenſte Wind in München und Prag zwiſchen Süden und Oſten. Am auffälligſten aber iſt die ebenfalls durch Oertlichkeiten bedingte Erſcheinung, daß in Schweden und Finnland ein gegen das angegebene gerade umgekehrtes Verhältniß der Winde herrſcht. Hier ſind nämlich, entgegengeſetzt dem mittleren Europa, die weſtlichen Winde am trockenſten, die öſtlichen am feuchteſten. Die weſtlichen Winde ſind feucht, weil ſie auf der Weſtſeite des Kammes der ſkandinaviſchen Alpen ihres Waſſers ſich bereits entledigt haben. In Petersburg herrſcht ziemlich Gleichgewicht zwiſchen den weſtl. und öſtl. Winden, und ähnliches hat man auch in Moskau beobachtet.

In Bezug auf die jährlichen Regenmengen an den verſchiedenen Orten Europas kann man im Allgemeinen das Geſetz anführen: daß ſie abnehmen, je tiefer man ins Innere des Feſtlandes kommt. In England iſt die Zahl der Regentage 160, in Deutſchland gegen 150, in Ofen 110, in Caſan 90. Einige Ausnahmen ſcheinen diejenigen Orte zu machen, wo das ſchwediſche und mitteleuropäiſche Klima zuſammenſtoßen (wo es bei Weſt- u. Oſtwinden gleich oft regnet), indem hier die Zahl der Regentage wieder zuzunehmen ſcheint. So z. B. zählt man in Petersburg 168, in Moskau ſogar 205 Regentage. Sehr ſelten werden die Regen in Sibirien, indem es in Irkutzk nur an 61, in Nertſchinsk nur an an 54 Tagen wenig Regen gibt.

Vergleicht man die Regenmengen in Bezug auf ihre Vertheilung auf die einzelnen Jahreszeiten, ſo zeigt ſich nach Unterſuchungen von Gasparin und Kämtz in dem Theile Europas, welcher nördlich von den Pyrenäen, den Gebirgen der Auverge und den Alpen liegt, nur in England und in geringerer Entfernung von den Küſten ein Vorherrſchen des Herbſtregens, während weiter landeinwärts die Sommerregen vorherrſchend werden; eine eigene klimatiſche Gruppe dagegen mit eigenthümlichem Gange des Regens bildet der gegen Afrika gerichtete Theil

von Europa. Vergleicht man die im Winter und Sommer herabfallenden Regenmengen der erſten klimatiſchen Gruppe Europas, ſo findet man, daß in England die Regenmengen im Winter und im Sommer gleich ſind, weiter landeinwärts dagegen die Sommerregen bedeutender als die des Winters werden. Von den dieſe Geſetze beſtätigenden einzelnen Beobachtungen, welche Kämtz zuſammengeſtellt hat, theile ich nur diejenigen mit, welche ſich auf Deutſchland beziehen. Hier ergibt ſich für die einzelnen Monate und Jahreszeiten, für verſchiedene Beobachtungsorte folgende Zuſammenſtellung der Regenmengen.

Deutſchland.

Monat.	Mannheim.	Carlsruhe.	Stuttgardt.	Tübingen.
Januar.....	1″ 6‴, 4	1″ 5‴, 0	1″ 1‴, 5	1″ 2‴, 5
Februar....	1. 0,8	1. 8,0	1. 10,2	0. 10,8
März.......	1. 3,9	1. 9,4	1. 3,6	1. 4,5
April........	1. 9,7	1. 7,2	1. 4,3	1. 3,1
Mai.......	1. 10,1	2. 2,2	2. 0,6	2. 5,8
Juni........	2. 6,3	2. 4,0	3. 2,4	3. 1,8
Juli.........	2. 3,6	2. 11,8	2. 0,4	3. 2,7
Auguſt......	2. 0,2	2. 4,2	2. 8,5	3. 1,9
September.	2. 0,5	2. 1,2	2. 7,4	2. 2,5
October....	1. 10,3	1. 11,8	1. 10,0	1. 10,3
November..	1. 5,3	2. 1,9	1. 10,4	1. 8,2
December..	1. 3,0	2. 2,3	1. 9,7	1. 4,7
Jahr........	21. 0,1	24. 9,0	23. 9,0	23. 10,8
Winter.....	18,3	21,3	20,1	14,7
Frühling...	23,7	22,5	19,8	21,4
Sommer...	32,6	31,0	33,5	39,9
Herbſt......	25,4	25,2	26,6	24,0

Monat.	Giengen.	Ulm.	Genkingen.	Würzburg.
Januar.....	1″ 7‴, 1			1″ 5‴, 0
Februar....	1. 1,1			1. 6,3
März.......	1. 4,8			1. 5,9
April.......	1. 4,1			1. 1,2
Mai........	3. 0,9			1. 3,0
Juni........	3. 6,7			1. 7,1
Juli........	2. 10,0			1. 2,3
Auguſt......	3. 2,9			1. 2,4
September	2. 1,1			1. 2,9
October ...	1. 9,4			0. 10,9
November..	2. 1,6			1. 0,1
December..	1. 4,1			0. 10,6
Jahr........	25. 5,8	25. 1, 9	35. 5, 7	14. 0,7
Winter.....	15,8	21,3	17,3	25,8
Frühling...	22,8	19,5	27,0	25,9
Sommer...	37,8	36,6	32,9	26,9
Herbſt......	23,6	22,6	22,7	21,4

Monat.	Regensburg.	Tegernſee.	Ander.	Peißenberg.
Januar	1'' 3''', 2	2'' 2''', 7	2''6''', 0	0''10''', 0
Februar	1. 2,1	3. 0,3	1. 4,9	0. 11,0
März	1. 0,3	2. 5,1	2. 2,2	0. 9,5
April	0. 11,4	2. 4,1	2. 0,0	1. 0,5
Mai	1. 8,9	3. 4,2	2. 0,2	2. 5,4
Juni	2. 5,1	6. 9,8	4. 4,7	3. 4,8
Juli	3. 2,4	6. 8,0	3. 5,0	3. 6,8
Auguſt	2. 9,8	6. 0,4	4. 0,3	2. 10,8
September	1. 11,7	3. 5,4	1. 3,5	1. 7,8
October	1. 5,4	3. 6,0	1. 3,8	1. 4,6
November	1. 4,8	1. 11,6	1. 4,4	0. 10,0
December	1. 7,7	1. 11,1	1. 4,9	0. 11,1
Jahr	21. 0,8	43. 9,6	27. 3,9	20. 8,3
Winter	19,3	16,4	19,5	12,9
Frühling	17,7	18,5	22,7	20,7
Sommer	40,1	44,7	43,3	47,7
Herbſt	22,9	20,4	14,5	18,7

Monat.	Augsburg.	Göttingen.	Erfurt.	Sagan.	Prag.
Januar	2'' 4''', 8	1'' 2'''' 5	0'' 6''', 3	0''11''', 7	0''5''', 6
Februar	2. 1,2	1. 7,6	0. 10,0	1. 1,1	1. 2,2
März	2. 3,5	1. 5,6	0. 6,7	1. 0,1	0. 8,0
April	1. 9,0	1. 9,0	0. 11,3	0. 11,1	0. 9,3
Mai	4. 4,6	1. 4,3	1. 2,7	1. 0,0	2. 1,5
Juni	4. 0,0	2. 5,1	1. 2,0	1. 10,1	0. 5,4
Juli	4. 11,4	3. 1,0	1. 9,7	2. 2,2	1. 3,7
Auguſt	3. 11,7	3. 5,1	2. 2,2	1. 10,0	3. 6,3
September.	3. 4,8	2. 8,6	1. 1,2	1. 1,8	1. 4,4
October	3. 4,3	2. 0,2	0. 10,5	1. 5,2	1. 5,3
November.	2. 10,4	2. 0,8	0. 9,1	1. 1,5	1. 8,9
December	2. 2,6	1. 8,9	0. 7,8	1. 2,9	0. 4,1
Jahr	36. 8,3	24. 10,7	12. 6,8	15. 9,7	15. 4,7
Winter	18,3	18,4	15,5	20,9	12,9
Frühling	23,0	18,1	21,7	18,5	23,2
Sommer	35,2	35,9	41,0	37,1	24,3
Herbſt	23,5	27,6	21,8	23,5	29,6

Man ſieht, wie die Sommerregen in Deutſchland bedeutend vorherrſchen; nur in Würzburg ergeben die Beobachtungen ziemlich gleiche Regenmengen im Sommer und Winter, woran entweder Localurſachen oder ein unregelmäßiger Gang der Jahre (1781 — 83 und 85 — 88) in welchen die Beobachtungen angeſtellt wurden, die Urſache iſt. Nehmen wir das Mittel aus ſämmtlichen in der Tafel mitgetheilten Verhältniſſen, ſo iſt die Vertheilung der geſammten jährlichen Regenmenge, wenn man dieſelbe gleich 100 annimmt

Winter 18,2 Procent.
Frühling 21,6 „
Sommer 37,1 „
Herbſt 23,2 „

Es verhält ſich alſo der Sommerregen zum Herbſtregen, wie 1 : 0,625, der Winterregen zum Sommerregen wie 1 : 2,042. Für das ganze mittlere Europa findet Kämtz folgende ſucceſſive Veränderung der Regenverhältniſſe:

	Sommer zu Herbſt.	Winter. zu Sommer.
Weſtliches England	1 : 1,347	1 : 0,868
Oeſtliches England	1 : 1,172	1 : 1,131
Weſtliches Frankreich	1 : 1,327	1 : 1,071
Weſtrheiniſche Gruppe*)	1 : 0,917	1 : 1,540
Deutſchland	1 : 0,625	1 : 2,042

Der Grund dieſes Ueberganges liegt nach Kämtz in der Richtung der Regenwinde und in der Temperaturdifferenz zwiſchen dem Meere und dem Innern des Feſtlandes im Sommer oder im Winter. Wenn die SW-Winde mit Dämpfen geſchwängert im Winter die Küſten des Feſtlandes erreichen, ſo treffen ſie bald auf kältere Luftſchichten, ein Theil ihrer Dämpfe wird condenſirt, daher reichliche Winterregen in der Nähe der Küſte. Dieſe Regen ſcheinen in einer Höhe gebildet zu werden, welche kleiner iſt als diejenige, in welcher die Wolken gewöhnlich ziehen, zumal da die Luft in derſelben Höhe bei der niedrigen Temperatur des Winters weniger Dämpfe enthält, als im Sommer. Kommen eben dieſe Winde im Sommer in das wärmere Feſtland, ſo können ihre Dämpfe weiter landeinwärts ziehen, die Wolken ſchweben im Allgemeinen weit höher als im Winter, und geringe Ungleichheiten des Bodens vermögen nicht ſo leicht Niederſchläge zu erzeugen. Daher finden wir auch, daß in derſelben Gegend die Sommerregen deſto überwiegender werden, je weiter wir uns vom Boden entfernen; ein Theil der Winterregen entſteht ſchon unter den höher liegenden Punkten. Würtemberg und Baiern haben im Allgemeinen denſelben Charakter der Jahreszeiten, aber dieſer ändert ſich mit der Höhe. Theilen wir die Orte beider Reiche in zwei Gruppen, deren erſte ſämmtliche Orte unter, die zweite über 2000 Fuß Meereshöhe enthält, ſo gehören zu jener Stuttgardt (847′), Tübingen (1010′), Regensburg (1043′), Ulm

*) Zur weſtrheiniſchen Gruppe rechnet Kämtz die Gegenden weſtlich vom Rhein, des nördlichen Frankreichs, Belgiens, eines Theils von Holland und den preuß. Rheinprovinzen, welche durch eine Linie nordöſtlich von Bordeaux bis in die Nähe von Orleans und von da bis zum Rheine abgegrenzt werden.

(1432′) und Augsburg (1464′); zu dieſer Tegernſee (2263′), Ander (2282′), Genkingen (2400′) und Peißenberg (3087′). Nehmen wir die mittlern Regenverhältniſſe in beiden Gruppen, ſo erhalten wir:

	Unter 2000 Fuß.	Ueber 2000 Fuß.
Winter	18,2 Procent	16,5 Procent
Frühling	20,7	22,2
Sommer	37,2	42,2
Herbſt	23,8	19,1

Das Verhältniß der Winterregen zu den Sommerregen iſt an den tiefern Punkten 1 : 2,04; in der Höhe verwandelt es ſich in 1 : 2,555. Dieſe Differenz hat ihren Grund vorzüglich in den reichen Niederſchlägen im Sommer, während die Höhen des Regenmeſſers im Winter oben und unten nahe gleich ſind. Da die Gebirgsgegenden aber ſtets reichlichere Niederſchläge bedingen, ſo müſſen wir annehmen, daß die Wolken im Winter nicht ſo hoch ziehen, widrigenfalls das Verhältniß mit der Höhe ungeändert bleiben müßte. — Sind Orte durch vorliegende Höhenzüge vor der Ankunft der feuchten S.W. Winde geſchützt, ſo treten die Verhältniſſe noch weit auffallender hervor; Erfurt, wo der Regenwind faſt mit Weſt zuſammenfällt, hat wenig Regen, aber der thüringer Wald iſt Urſache, daß die Regenmenge im Sommer dreimal (2,64 mal) größer iſt, als die im Winter, und Prag, welches von allen Seiten nur Wolken erhalten kann, die über mehr oder weniger hohe Bergketten gegangen ſind, zeigt daſſelbe Verhältniß.

Im ſüdlichen Europa wird durch Frankreich und Italien eine eigene klimatiſche Gruppe gebildet. Die Pyrenäen, das Plateau Spaniens und der Atlas verhindern (nach Kämtz) die reichliche Ankunft der Dämpfe vom atlantiſchen Meere; das Mittelmeer gibt das meiſte Waſſer für die Regen, und wir treffen hier von der Küſte an ausgehend, eine ähnliche Vertheilung, wie in dem mittlern Europa. Aber die Nähe von Afrika läßt den Gegenſatz zwiſchen Winter- und Sommerregen noch weit auffallender hervortreten, als in England. Der heiße Luftſtrom, welcher von der Sahara aufſteigt, und ſich nach Norden ausbreitet, verhindert den Niederſchlag während des Sommers, daher regnet es dann wenig; ſo wie ſich dieſer Wind weiter nach Norden bewegt, werden durch die Ungleichheiten des Bodens partielle Ströme erzeugt, jener heiße Strom wird unwirkſamer und die Condenſation des Dampfes erfolgt leichter.*)

*) Kämtz macht darauf aufmerkſam, von welchem wichtigen Einfluß die Vertheilung des Regens in die zwei Gruppen des ſüdlichen und des mittleren Europas auf die Temperatur, auf den Wechſel der Sonnenhelle, und mithin auf das Pflanzenleben ſind. Hieraus erklärt ſich dann die große Verſchiedenheit der Floren in beiden Hauptgruppen Europas. Schon längſt, ſagt er, iſt darauf aufmerkſam gemacht, daß die Flora des ſüdlichen Frank-

Als allgemeine Naturgeſetze in Bezug auf den Regen, zugleich als Reſultate der von ihm angeſtellten von eben ſo viel Fleiß als Geiſt zeugenden Unterſuchungen, ſpricht Kämtz folgendes aus:*) 1) In eini-

reichs bedeutend von der des mittleren abweiche; Pflanzen, die in großer Menge am Meeresufer wuchern, kommen bei Lyon nicht mehr fort; die mittlere Jahreswärme dieſer Gegenden iſt wenig verſchieden: hierin kann der Grund der Differenz nicht liegen, eben ſowenig in der geognoſtiſchen Verſchiedenheit des Bodens. Wenn Pflanzen auch vorzugsweiſe auf einer Geſteinart fortkommen und auf andern fehlen, ſo werden dadurch zwar Differenzen in der Vertheilung dieſer Species erzeugt, nie aber wird der Charakter der ganzen Flora geändert. De Candolle hat im zweiten Bande der Flore française eine Karte von Frankreich geliefert, auf welcher er mit Ausſchluß der Gebirgsgegenden drei Floren unterſcheidet, die des ſüdweſtlichen Frankreichs (Bordeaux, Toulouſe, la Rochelle) die des mittleren Frankreichs, und endlich des ſüdlichen Rhonethales. Man darf aber dieſe einzelnen Regionen nur mit den oben gegebenen Regenverhältniſſen vergleichen, um ſich zu überzeugen, daß letztere die Hauptrolle dabei ſpielen. — Eine völlig ähnliche Differenz zeigt uns Italien. In der Nähe von Genua gedeihen Palmen, nicht ſowohl weil ſie durch die Alpen vor den Nordwinden geſchützt werden, da dieſe wahrſcheinlich eben ſo vorherrſchend ſind, als in Padua, oder weil die Linien gleicher Wärme hier eine bedeutende Biegung erleiden, ſondern weil die Sommerregen und damit die häufigen Temperaturdepreſſionen in dieſer Jahreszeit fehlen. Daher iſt die Flora von Genua eine ganz andere als die von Piemont; nicht die zwiſchenliegende Bergkette verhindert die Wanderung der Pflanzen, letztere wirkt nur mittelbar, indem ſie eine Verſchiedenheit der Klimate bedingt. Auch bemerkt bereits Sauſſüre die Differenz, welche die Alpen erzeugen. Bei Aoſta traf er die Celtis australis und viele Kräuter, welche nördlich von den Alpen nicht wachſen, namentlich Cynosurus echinatus, Chenopodium botrys, Cytisus nigricans, Salsola prostrata; der Wein iſt hier trefflich, und das Vorkommen vieler Thiere warmer Länder (Cicaden, Mantis religiosa etc.) beweiſt die große Differenz des Klimas. — Eben dieſer Einfluß des warmen Luftſtromes läßt ſich in den Höhen nachweiſen, in denen einzelne Pflanzen auf den Alpen noch gedeihen. Wenn auch auf den ſüdlichen Abhängen der Bergkette die Regen im Sommer reichlicher werden, ſo treffen wir hier doch mehr eine Annäherung an das italieniſche, auf den nördlichen Abhängen eine Annäherung an das deutſche Klima. Daher liegen die oberen Grenzen vieler Gewächſe in Wallis und Savoyen bedeutend höher, als im nördlichen Theile der Alpen. Nach den Meſſungen von Horner und Buch verſchwanden über Ammon oberhalb des wallenſtädter Sees die Nußbäume in 2916′ Höhe, die Kirſchen in 3337′, die Buchen in 4183′. Letzterer fand in Savoyen und Wallis für eben dieſe Grenzen reſpective 3564′, 4164′ und 4815′ Höhe.

*) L. F. Kämtz, Lehrbuch der Meteorologie. Erſter Bd. Halle, 1831.

gen Gegenden der Erde regnet es faſt gar nicht, indem die ſtark erwärmte Luft nicht ſo viel Dämpfe enthält, daß ſelbſt bei ſtarker Temperaturdepreſſion ein Niederſchlag ſtattfinden könne. Zu dieſen gehören die großen, faſt aller Vegetation beraubten Ebenen außerhalb der Wendekreiſe. Die Sahara bietet uns das merkwürdigſte Beiſpiel dieſer Art dar. — 2) Auf dem hohen Meere iſt der Regen da ſehr ſelten, wo der Paſſat mit großer Regelmäßigkeit weht. In den Gegenden, welche an der Polargrenze der Paſſate liegen, regnet es nur, wenn ſich die Sonne in der entgegengeſetzten Halbkugel befindet. An den Aequatorialgrenzen beider Paſſate dagegen finden das ganze Jahr hindurch reichliche Niederſchläge ſtatt. — 3) Zwiſchen den Wendekreiſen gibt es nur zwei Jahreszeiten, die trockene und die naſſe. Letztere findet dann Statt, wenn ſich die Sonne in derſelben Halbkugel befindet, in welcher der Ort liegt; die Grenze der Gegend, in welcher es regnet, rückt zugleich mit der Sonne nach Norden und nach Süden. Am ſtärkſten ſcheinen die Regen an einem Orte dann zu ſein, wenn ſich die Sonne im Zenith deſſelben befindet. — 4) Nur Hindoſtan macht von dieſer Regel eine Ausnahme, indem die Regenzeit auf der öſtlichen Küſte zur Zeit des NO-Mouſſons, auf der weſtlichen zur Zeit des SW-Mouſſons Statt findet. Die Inſel Ceylon zeigt uns dieſen Wechſel im Kleinen ebenfalls. — 5) Das Verhalten des Regens zur Zeit der naſſen Jahreszeit weicht von dem in unſeren Gegenden ſehr bedeutend ab. Während es in unſern Gegenden ſehr häufig Tag und Nacht ohne Unterbrechung regnet, geht die Sonne zwiſchen den Wendekreiſen bei heiterem Himmel auf, erſt gegen Mittag bilden ſich die Wolken, zur Zeit der größten Tageswärme erfolgt ein mehr oder minder ſtarker Regen, und beim Sonnenuntergange iſt der Himmel gewöhnlich heiter. — 6) Entfernt man ſich an der Weſtküſte des alten Continents gegen Norden, ſo finden wir in Portugal eine Region, in welcher die Sommerregen faſt ganz fehlen, wahrſcheinlich, weil der aufſteigende heiße Luftſtrom der Sahara den Niederſchlag in den oberen Schichten der Atmoſphäre verhindert. — 7) Nördlich von den Pyrenäen dagegen finden wir faſt das Jahr hindurch mehr oder weniger reichliche Niederſchläge. — 8) Unterſuchen wir die Bedingungen, unter denen ſich der Regen in dem nördlich von Pyrenäen und Alpen liegenden Theile von Europa vorzüglich zeigt, ſo laſſen ſich hier zwei Gruppen von Klimaten unterſcheiden, welche ich (Kämtz) die von Mittel-Europa und Schweden nenne. In jener regnet es vorzugsweiſe bei weſtlichen Winden, deren Richtungen in einzelnen Gegenden durch Gebirge abgeändert wird; indem aber dieſe weſtlichen Winde den Kamm der ſkandinaviſchen Gebirge erreichen, verlieren ſie ihr Waſſer, und daher ſind in Schweden die öſtlichen Winde die regenbringenden. Dieſes Verhältniß zeigt ſich auch in Finnland, und läßt ſich wahrſcheinlich noch tief in das Innere von Rußland verfolgen. Petersburg und Moskau ſcheinen an der Grenze beider Gruppen von Klimaten zu liegen, und daher findet man an keinem von beiden Orten einen vorherrſchenden Regenwind. — 9) Wenn wir von der Weſtküſte Englands nach dem Innern von Europa übergehen, ſo nimmt ſowohl die Menge des jährlich herabfallenden Waſſers als auch die

Zahl der Regentage ab, und nur an der Grenze der erwähnten klimatiſchen Gruppen ſcheint die Zahl der Niederſchläge bedeutender zu werden. — 10) Daneben ändert ſich zugleich die Vertheilung des Regens im Jahre. An der Weſtküſte Englands ſind die Regen im Winter bedeutender als die im Sommer; ſo wie wir aber tiefer landeinwärts gehen, erhalten dieſe das Uebergewicht über jene. Am auffallendſten tritt dieſer Gegenſatz zwiſchen dem Continental- und See-Klima in Skandinavien hervor, indem weſtlich von der Bergkette die Winterregen ſehr reichlich ſind, während ſie in Schweden faſt ganz fehlen. Dieſelbe Zunahme des Uebergewichts der Sommerregen, welche uns die Entfernung der Küſte des atlantiſchen Meeres zeigt, treffen wir an, wenn wir höher in die Atmoſphäre ſteigen. — 11) Eine beſondere klimatiſche Gruppe bilden das ſüdliche Frankreich und Italien. Der heiße Luftſtrom der Sahara verhindert zur Zeit ſeiner größten Lebhaftigkeit im Sommer die Condenſation der Dämpfe, und daher fehlen dann die Regen faſt ganz. Steigen wir das Thal der Rhone aufwärts, ſo wird der Einfluß des Windes durch die Unebenheiten des Bodens geſchwächt und die Sommerregen nehmen zu. Aehnliche Störungen bewirken die Apenninen in Italien, und daher haben Klima und Vegetation der Gegend von Genua einen ganz andern Charakter, als in der Lombardei. Verfolgt man aber die Vertheilung des Regens in der Ebene zwiſchen Alpen und Apenninen, ſo findet man auch hier dieſelbe Zunahme der Sommerregen mit der Entfernung von der Küſte, als im übrigen Europa. — 12) Der für Europa gegebene Gegenſatz zwiſchen Continental- und See-Klima ſcheint ſich auch in andern Welttheilen zu zeigen, wenigſtens iſt dieſes der Fall an der Weſtküſte Amerikas und in Neu-Holland. — 13) Künftige Beobachtungen müſſen zeigen, ob wir an der Oſtküſte Amerikas einen allmähligen Uebergang von den Regenverhältniſſen höherer Breiten zu denen der Aequinoctialgegenden finden, ſo daß wir an der Küſte ſelbſt weiter nach Süden ein immer größeres Uebergewicht der Sommerregen antreffen, bis wir endlich tropiſche Regen erhalten, oder ob die höheren Breiten von den niederen eben ſo wie an der Weſtküſte Europas durch eine Region getrennt ſind, in welcher die Sommerregen ganz fehlen.

So wechſelnd in den einzelnen Jahren die Regenmengen an den einzelnen Orten auch ſind, ſo laſſen ſich doch Mittel derſelben angeben, über und unter welche ſelten um viel die wahre Regenmenge abweicht. Muncke hat daher mit Angabe der geogr. Breite (oder Polhöhe, welches gleich) folgende Tabelle nach den beſten Autoritäten zuſammengeſtellt, welche für den Geographen, Naturhiſtoriker und Meteorologen von gleich großem Intereſſe iſt.

Orte.	Polhöhe.	Höhe, par. Fuß.	Regenmenge, par. Zoll.	Regentage.	Autoritäten.
Aberdeen	57°,04	—	27,64	—	Innes.
Abo	60,50	—	24,14	146	Leche.
Alais	44,12	431	38,18	68	Arago.
Algier	36,81	—	25,8	—	Briſſon.
Ander	48,15	2288	27,32	147	Kämtz.
Apenroe	55,05	38	21,07	179	Neuber.
Arles	43,67	—	22,30	107	Bret.
Augsburg	48,39	1464	36,68	148	Starck.
Auxerre	47,75	266	23,20	—	Moreau de Jonnes.
Avignon	43,95	85	23,05	—	Guerin.
Bancoorah	23,50	—	27,93	—	G. Macritchie.
Barrowby	53,80	—	23,74	—	Loyd.
Bayeux	49,3	—	20,00	—	Moreau de Jonnes.
Baykullo	19,00	—	91,94	—	Ungenannter.
Bergamo	45,70	—	43,60	—	Maſcheroni.
Bergen	60,70	—	77,60	—	Schouw.
			83,16	—	Kämtz.
Berlin	52,52	115	19,60	171	Moreau de Jonnes.
Bern	46,95	1769	43,30	—	Gasparin.
Bernhard, St.	45,53	7668	59,23	107	Pictet.
Bezières	43,34	358	16,24	—	Bouillet u. Mairan.
Bologna	44,50	372	29,11	—	Gasparin.
Bombay	18,95	—	78,34	—	Adie.
			90,67	—	Arago.
Bordeaux	44,83	—	24,3	150	Moreau de Jonnes.
Boſton	42,42	—	22,32	—	Ungenannter.
Bourg en Breſſe	46,20	—	43,33	—	Puvis.
Branxholm	55,85	—	29,50	—	Gasparin.
Breda	51,60	—	24,63	158	Hell.
Brescia	45,49	400	41,02	—	Rodella.
Breslau	51,15	400	23,9	—	Göppert.
Bridgewater	51,10	—	27,5	—	Dalton.
Briſtol	51,46	—	21,89	—	Farr.
Brüſſel	50,85	262	17,90	164	Gasparin.
Calcutta	22,57	—	111,00	—	Cotte.
			71,25	—	Trail u. Pearſe.
Cambray	50,17	—	16,04	—	Trécourt.
Cambridge	42,25	210	36,51	—	Kämtz.
Carbeth	56,00	—	39,09	—	Jameſon.
Carlisle	54,95	—	24,31	209	Pitt.
Carlsruhe	48,99	380	25,55	174	Boeckmann.
Cayenne	4,93	—	109,87	—	Mentelle.
Charleſtown	42,27	—	44,90	—	Lining.
Chattsworth	53,00	—	25,95	—	Kämtz.
Chioga	45,26	12	30,74	—	Vianelli.
Chur	46,83	1872	32,10	115	Schübler.
Coblenz	50,35	—	20,84	—	Mohr.
Coimbra	40,25	281	111,54	—	Lacerda Lobo.
Conegliano	45,78	—	44,25	—	Graziani.
Crawshawbooth	53,75	—	56,29	—	Dalton.
Cuba	21,30	—	85,85	—	Ramon de la Sagra.

Orte.	Pol= höhe.	Höhe, par. Fuß.	Regen= menge, par. Zoll.	Regen= tage.	Autoritäten.
Cumana	10°,25	18	7,50	—	v. Humboldt.
Cuxhaven	53,87	28	29,2	145	Schübler.
Delft	52,15	—	26,10	—	Briſſon.
Dijon	47,31	856	23,91	124	Maret.
Domingo	18,36	—	113,00	—	Cotte.
Dordrecht	51,78	—	36,60	—	Briſſon.
Dover	51,12	—	44,10	—	Gasparin.
Dumfries	55,10	—	34,75	—	Copland.
Edinburg	55,93	—	23,50	—	Adie.
Epping	51,70	—	25,21	—	Squire.
Erfurt	50,98	585	12,57	128	Gasparin.
Fell=Foot	54,35	—	52,25	—	Dalton.
Florenz	43,77	255	38,80	—	Tartini.
Franecker	53,12	—	28,56	172	Van Swinden.
Freudenſtadt	48,45	2175	57,10	—	Schübler.
Funchal	33,00	—	27,32	—	Heineken.
Fyfield	51,00	—	24,30	—	Dalton.
Garsdale	54,00	—	49,07	—	Dalton.
Genf	46,25	1252	28,81	103	Senebier.
Genkingen	48,42	2400	35,56	—	Schübler.
Genua	44,41	—	44,43	—	Kämtz.
Giengen	48,61	1440	25,60	143	Schübler.
Glasgow	55,85	—	20,10	—	Couper.
Gosport	50,83	—	27,89	—	Bourney.
Göttingen	51,52	412	24,90	162	Gatterer.
Granada	12,20	—	105,10	—	Cazand.
Guadaloupe	16,50	—	80,00	—	Moreau de Jonnes.
Haag	52,07	—	26,60	—	Briſſon.
Hackney=Wick	51,57	—	22,80	—	Beaufoy.
Hagenau	48,82	443	25,05	166	Keller.
Harderwyck	52,34	—	26,10	—	Briſſon.
Harlem	52,37	—	23,20	—	Briſſon.
Havannah	23,00	—	85,73	—	Ramon de la Sagra.
Heidelberg	49,61	313	24,47	—	Muncke.
Joyeuſe	44,46	600	47,91	97	Tardy de la Broſſy.
Kandy	3,50	—	68,90	—	Tilloch.
Kendal	54,36	—	50,40	—	J. Dalton.
Keswick	54,51	—	63,32	—	Dalton.
Kimbolton	52,40	—	23,45	—	Dalton.
Kinfouns	56,89	—	23,17	148	Gray.
Knutsford	43,00	—	30,60	—	Stanley.
Kopenhagen	55,70	82	17,31 19,52	—	Bugge. Schouw.
Lancaſter	54,05	—	37,25	168	Campbel.
Lauſanne	46,52	1533	37,75	—	Gasparin.

Orte.	Pol-höhe.	Höhe, par. Fuß.	Regen-menge, par. Zoll.	Regen-tage.	Autoritäten.
Leiden	52°,15	—	49,88	107	Muſſchenbroek.
Lighton = Bazard	51,80	—	22,21	—	Tilloch.
Liſſabon	38,70	—	25,39	—	Franzini.
Liverpool	53,43	—	32,39	—	Hutchinſon.
London	51,50	162	23,40	—	Howard.
Lüneburg	53,25	—	24,00	—	Schübler.
Ludguam	51,10	—	38,46	—	Dalton.
Lund	55,71	—	18,10	—	Schenmark.
Lyndon	52,66	—	17,14	—	Barker.
Lyon	45,75	476	37,00	—	Briſſon.
Madeira	32,60	—	28,15	—	Heineken.
Maſtricht	50,81	—	70,01	—	Quetelet.
Mafra	38,93	—	41,54	—	Joaq. da Aſſumpçao Velha.
Mailand	45,47	394	36,50	—	Céſaris.
Malabar. Küſte	11,00	—	90,00	—	Le Gentil.
Malton	54,08	—	28,36	135	Stockton.
Man	54,30	—	34,83	145	Stewart.
Mancheſter	53,47	—	33,91	—	Dalton.
Mannheim	49,50	258	21,01	145	Hemmer.
Manosque	43,83	1200	21,98	—	Bouteille.
Mantua	45,07	—	28,77	—	Aſti.
Maranhao	2,5 S.	—	259,80	—	Pereira Lago.
Mariette	39,50	—	38,92	—	Silliman.
Maroſtica	45,30	—	40,90	—	Chiminello.
Marſeille	43,30	144	17,3	55	Arago.
Martinique	14,50	—	81,60	—	Moreau de Jonnes.
Maurice St.	45,68	1772	23,12	144	Gallot.
Metz	49,12	456	27,25	159	Le Gaux u. Laurian.
Middelburg	51,51	76	25,40	163	Gasparin.
Miſſiſippi	31,50	—	40,14	—	L. von Buch.
Montmorenci	48,50	—	21,50	148	Cotte.
Montpellier	43,60	—	30,40	85	Gasparin.
Mühlhauſen	47,81	708	28,30	164	Schübler.
Neapel	40,83	26	35,00	—	Moreau de Jonnes.
Near = Dundle	52,43	—	21,58	—	Dalton.
Near-Ware	51,80	—	23,46	—	Dalton.
New-Bedford	41,50	—	45,96	—	Silliman.
New-Haven	41,00	—	51,38	—	Silliman.
New-Orleans	29,95	—	39,00	—	Moreau de Jonnes.
Nimes	43,83	—	23,73	—	Baux und Valz.
Norwich	52,71	—	24,00	—	Dalton.
Ofen	47,50	—	16,04	112	Weiß und Bruna.
Orange	44,13	—	28,43	94	Gasparin.
Orford	51,75	—	20,57	—	Robertſon.
Padua	45,50	56	34,55	126	Toaldo.
Palermo	38,15	—	20,80	—	Scina.
Paramatta	33,80 S.	—	28,10	—	Brisbane.

Orte.	Pol-höhe.	Höhe, par. Fuß.	Regen-menge, par. Zoll.	Regen-tage.	Autoritäten.
Paris	48°,83	262	17,91 20,80	160	Arago. Gasparin.
Peißenberg	47,78	3145	20,70	—	Gasparin.
Penzanze	50,12	—	36,77	164	Giddy.
Petersburg	59,93	106	17,10	167	Kraft.
Petit-Ance auf Domingo	18,00	—	75,80	—	Moreau de Jonnes.
Philadelphia	39,93	—	39,24 30,00	— —	Andrew Ellicot. Ungenannter.
Piſa	43,72	51	34,50	—	Briſſon.
Plymouth	50,36	—	29,10	—	Briſſon.
Poitiers	46,57	—	22,17	—	de la Meziére.
Prag	50,08	592	15,40	109	Strnadt.
Regensburg	49,00	950	21,07	130	Placidus Heinrich.
Rio Janeiro	22,90 S.	—	55,60	—	Kämtz.
Rochelle	46,15	83	24,25	146	Seignette u. Fleuriau de Bellevue.
Rom	41,90	141	29,30	120	Calandrelli.
Rotterdam	51,92	—	21,20	187	Van Srouten.
Rovigo	45,25	—	30,82	—	Cittadini.
Sagan	51,70	387	15,80	192	Preus.
Salo	45,66	—	39,40	—	Avanzini.
Salzuffeln	52,07	254	26,90	—	Schübler.
San-Carlos	34,00 S.	511	95,00	—	v. Humboldt.
Selbourne	51,00	—	34,91	—	Dalton.
Seringapatam	12,00	—	22,22	—	Scarman.
Siena	43,36	—	32,05	—	Accad. di Siena.
Sierra-Leona-Küſte	9,00	—	80,94	—	Kämtz.
South-Lambeth	51,25	—	21,30	—	Dalton.
Sparendam	52,34	—	31,57	—	Engelmann.
Stockholm	59,33	300	17,58	—	Ehrenbein.
Straßburg	48,57	450	25,57	153	Herrenſchneider.
Stuttgard	48,77	837	23,75	155	Schübler.
Tegernſee	48,15	2324	43,80	170	Gasparin.
Tolmezzo	46,40	—	70,04	—	Spangaro.
Toulon	43,12	—	17,50	—	Gasparin.
Toulouſe	43,60	446	23,66	—	Gasparin.
Townley	53,75	—	38,47	—	Dalton.
Trient	46,16	754	33,35	—	Eberle.
Trier	49,77	379	27,90	146	Schübler.
Trieſt	45,63	265	32,00	—	Schübler.
Troyes	48,30	—	22,40	140	Rondeau.
Tübingen	48,52	1010	23,90	110	Schübler.
Turin	45,07	738	24,86	100	Bonin.
Udine	46,15	66	59,57	—	Asquini.
Ulm	48,40	1130	25,15	—	Schübler.
Upminſter	51,75	—	18,30	—	Dalton.
Upſala	59,85	—	14,41	—	Celſius, Hiörter.
Utrecht	52,08	—	23,20	—	Briſſon.

Orte.	Polhöhe.	Höhe, par. Fuß.	Regenmenge, par. Zoll.	Regentage.	Autoritäten.
Vallerie, La	46°,12	—	23,80	146	De Monroy.
Venedig	45,42	12	29,90	—	Schübler.
Vera Cruz	19,20	—	62,17	—	v. Humboldt.
Verona	45,43	157	34,56	84	Cagnoli.
Vicenza	45,45	—	41,06	—	Kämtz.
Vinoir, St.	—	—	23,94	—	Guillin.
Viviers	44,50	—	33,97	98	Flaugergues.
Waith-Sutton	54,48	—	43,16	—	Dalton.
Weißenburg	49,03	564	25,90	—	Schübler.
Weſtcheſter	39,94	—	44,01	—	Darlington.
Weſterås	59,55	—	17,33	—	Schouw.
Widdrington	55,00	—	19,72	—	Dalton.
Wien (?)	—	—	44,80	—	Ungenannter.
Wien	48,20	451	16,00	114	Schübler.
Wittenberg	51,87	248	16,00	—	Briſſon.
Würzburg	49,80	525	14,06	141	Egel.
Zürich	47,36	1251	32,18	—	Scheuchzer.
Zwanenburg	52,50	—	24,35	—	Cotte.

Die im gemeinen Leben gewöhnliche Eintheilung des Regens in Staubregen (ſehr feiner Regen), Strichregen (aus einer einzelnen nur einen kleinen Raum treffenden Wolke), Landregen (weitverbreiteter und anhaltender Regen), Platzregen (ſtarker heftiger Regen), Wolkenbruch (der heftigſte Regen, wo das Waſſer maſſenhaft herabſtürzt), bezieht ſich nur auf Quantität und Verbreitung.

Regenbogen iſt der prächtige vielfach gefärbte Halbring, den man zuweilen am Himmel auf dem Horizonte aufſtehend erblickt, wenn man den Rücken gegen die Sonne wendet und eine ſich in Regen auflöſende Wolke, welche zugleich lebhaft vom Sonnenlichte erleuchtet iſt, betrachtet. Den hoch in die Lüfte ſich erhebenden farbigen Bogen kann man als Theil der Grundfläche eines Kegels betrachten, deſſen Spitze ſich im Auge des Beobachters befindet, und deſſen rückwärts verlängerte Axe genau den Mittelpunkt der Sonne trifft. Von dem Eintreten dieſer Bedingung kann man ſich leicht überzeugen, ſowohl bei den ſchönen Regenbogen, welche der Regen der Wolken gibt, als auch bei den Regenbogen, welche minder vollſtändig im Regen von Waſſerfällen und Springbrunnen entſtehen. Dieſe Bedingung gibt auch die Stellungen, welche man in den beiden letzten Fällen einnehmen muß, um die Farben in allen Tropfen glänzen zu ſehn, welche durch den Fall des Waſſers gebildet und durch den Wind auseinander geſtreut ſind. Hiernach bleibt kein Zweifel übrig, daß die Erſcheinung des Regenbogens die Folge einer eigenthümlichen Modification iſt, welche

das Licht in den Waſſertheilchen erleidet, und dieſe Modification kann keine andere als Brechung, Zerlegung in Farben und Zurückwerfung in den kugelförmigen Waſſertropfen ſein.

Um eine richtige Vorſtellung von dem Gange der Sonnenſtrahlen in einem flüſſigen Kreiſe zu erhalten, kann man folgenden Verſuch anſtellen. VV′ (Fig. 118.) ſtellt den Horizontaldurchſchnitt des Ladens eines finſtern Gemaches vor, durch welchen eine feine Oeffnung O geht. In einiger Entfernung hinter dem Laden und in der Höhe der Oeffnung bringe man ein Kryſtallgefäß mit Waſſer und von cylindriſcher Geſtalt. Die Figur zeigt nur den Horizontaldurchſchnitt des Gefäßes. Hierauf läßt man einen Sonnenſtrahl in der Richtung OJ eindringen, und beobachtet von oben den Gang des Strahles im Innern des Waſſers. Dieſe Flüſſigkeit wird immer wenig genug hell ſein, um den Gang des Lichtes wahrnehmen zu laſſen. Man wird leicht ſehen, daß der Strahl den Weg J, A, B, C, D, E, F.... nimmt, und daß er bei jedem Einfall auf die Wand zugleich Zurückwerfung und Brechung erleidet. Vermöge der Zurückwerfungen ſetzt das Licht den Weg in der Flüſſigkeit fort, vermöge der Brechungen verliert es an Intenſität und bringt austauchende Lichtbündel A′, B′, C′, D′, F′.... hervor, welche alle mehr oder weniger ausgebildete Farbenbilder ſind, wie wenn der Strahl durch ein Prisma gebrochen (ſ. d. Art. Brechbarkeit) worden wäre. Nach 4 oder 5 Reflexionen werden dieſe ausfahrenden Lichtbündel noch eine bemerbare Intenſität beſitzen. Die hier auftretende Erſcheinung wird ohne Zweifel in einem kugelrunden Regentropfen ſich wiederholen, wie klein derſelbe auch ſein mag; denn die erſte Einfallsebene beſtimmt in dieſer Kugel einen größten Kreis, innerhalb deſſen der Strahl ſich eben ſo bewegen wird, wie in dem Schnitte des Cylinders in dem eben angeführten Verſuche. Die Eigenthümlichkeit, auf welcher nun nach dieſer Vorausſetzung die Erſcheinung des Regenbogens beruht, iſt folgende: Wir nehmen einen Strahl an, welcher eine innere Reflexion in B (Fig. 119.) erleidet, und dann ausfährt. Die Richtung, in welcher er ausſtrahlt, EC wird mit der Richtung in welcher er einfällt SA, einen gewiſſen Winkel STE machen, welchen wir mit D bezeichnen, und welcher der Ablenkungswinkel heißt. Bezeichnet ferner i den Einfallswinkel SAN und den ihm gleichen Winkel OAT, ferner r den Brechungswinkel OAB und den ihm gleichen Winkel OBA, ſo hat man offenbar OBA = BAT + BTA oder $r = i - r + \frac{1}{2}D$, folglich $D = 4r - 2i$. Die Eigenthümlichkeit um die es ſich handelt, iſt nun, daß dieſe Ablenkung eines Maximums (höchſten Grades) fähig iſt. Dieß wird mit Hilfe der Differenzialrechnung nachgewieſen, indem man bemerkt, daß die Quantitäten i und r durch die Gleichung $\sin. i = n \sin. r$; und man findet ſo, daß dieſer größte Werth der Ablenkung bei einem Einfallswinkel ſtattfindet, welcher durch die Gleichung $\cos. i = \sqrt{\frac{n^2 - 1}{3}}$ beſtimmt wird. Wir nehmen dieſe Reſultate der Rechnung an, und verſuchen nur nachzuweiſen, wie dieſe Eigenthümlichkeit des Maximums die Er=

zeugung der Farben bedingt. Wir beobachten zunächſt das rothe Licht. Für dieſe Farbenſtufe des Sonnenlichtes iſt der Brechungsexponent $n = \frac{108}{81}$. Setzt man dieſen Werth in dem vorhergehenden Ausdrucke für cos. i, ſo erhält man $i = 59° 23' 30''$ d. h. der rothe Strahl, welcher unter dieſem Einfallswinkel einfällt, iſt unter allen einfallenden rothen Strahlen derjenige, welcher das Maximum der Ablenkung erfährt, und dieſe Ablenkung iſt $42° 1' 40''$. Nehmen wir an, ſein Weg ſei in SABCE (Fig. 119.) bezeichnet, und unterſuchen wir jetzt den Weg zweier benachbarten Strahlen, von denen der eine etwas weniger, der andere etwas mehr ſchief einfällt. Weil ihre ausfahrenden Strahlen E' und E'' eine etwas geringere Ablenkung erfahren, als die von E, ſo iſt klar, daß ſie merklich parallel mit E ſind, folglich wird ein kleiner aus dieſen Strahlen zuſammengeſetzter Lichtpinſel nach der Ausſtrahlung ſich fortpflanzen, ohne an Intenſität zu verlieren, und wird alſo einen lebhaften Eindruck auf das Auge des Beobachters hervorzubringen vermögen. Im Gegentheil wird jeder andere ausſtrahlende Lichtpinſel, der aus divergirenden Strahlen zuſammengeſetzt iſt, nothwendig mit der Entfernung an Intenſität verlieren und in der Entfernung, in welcher das Auge des Beobachters ihn empfangen kann, unmerklich werden.

Auf dieſem Princip beruht die Erklärung aller Erſcheinungen des Regenbogens, ſeiner Geſtalt und der Anordnung ſeiner Farben. Um die Vorſtellungen beſſer feſtzuhalten, nehmen wir an, daß die Strahlen der untergehenden Sonne eine Regenwolke beleuchten und daß ein Beobachter in der gehörigen Stellung ſich befinde, um die Wolke zu beobachten, indem er der Sonne den Rücken zuwendet (Fig. 120.). Wir nehmen nun eine gerade Linie an, welche durch den Mittelpunkt der Sonne und durch das Auge des Beobachters geht, und ſich gegen Oſten ins Unendliche verlängert. Dieſe Linie wird nach unſerer Vorausſetzung horizontal ſein. Wir nehmen ferner eine zweite Linie an, welche die erſte in dem Auge des Beobachters ſchneidet, und mit ihr einen Winkel von $42° 1' 40''$ macht. Sie iſt unbeſtimmt bis in die Wolke hinein verlängert. Endlich ſtellen wir uns vor, daß die zweite Linie um die erſte ſich herum bewegt, indem ſie fortwährend die angegebenen Bedingungen erfüllt, und auf dieſe Weiſe die krumme Oberfläche eines Kegels beſchreibt, von welcher nur die obere Hälfte in Betrachtung kommt. Dieſe Linie wird in jeder ihrer Stellungen einer Menge von Regentropfen begegnen. Wir richten jedoch unſere Aufmerkſamkeit nur auf diejenigen, welche ſie unter dem Ausſtrahlungswinkel trifft, der das Maximum der Ablenkung für den rothen Strahl gibt. ABC ſei einer dieſer Tropfen; ſo iſt der Lichtpinſel, welchen er vom Mittelpunkt der Sonne empfängt, horizontal und OH parallel in Bezug auf alle Strahlen, aus welchen er beſteht. Es gibt einen Strahl SA, welcher, nachdem er in A gebrochen, in B zurückgeworfen, dann in C nochmals gebrochen worden, endlich in der Richtung EC ausſtrahlt, und zwar mit dem Maximum der Ablenkung; denn da SA parallel OH iſt, ſo iſt der Ablenkungswinkel $STE = EOH = 42° 1' 40''$. In dieſer

Richtung folglich wird der Beobachter das rothe Licht des Farbenbildes wahrnehmen. Was ſo eben in Bezug auf den Mittelpunkt der Sonne geſagt wurde, findet auf alle Puntte der Sonnenſcheibe Anwendung und wiederholt man dieſe Conſtruction für jeden dieſer Punkte, und namentlich für die beiden von den entgegengeſetzten Rändern der Sonnenſcheibe, welche von der Erde unter einem Winkel von 30′ geſehen werden, ſo iſt klar, daß der Beobachter, deſſen Auge für jeden Punkt der Sonne eine rothe Linie trifft, durch die Geſammtheit aller dieſer Punkte einen rothen Streifen erblicken wird, der wie die Sonnenſcheibe ſelbſt vor dem Auge in einen Winkel von 30′ ſich ausbreiten wird. Unterſuchen wir jetzt auch die Urſache der andern Farben des Regenbogens und ihrer Anordnung. Da z. B. das violette Licht vor ſeinem Uebergange von Luft in Waſſer einen Brechungsexponenten $= \frac{109}{81}$ hat, ſo iſt klar, daß für dieſes das Maximum der Ablenkung ein anderes, als für das rothe Licht iſt und einem andern Einfallswinkel entſpricht. Setzen wir in dem vorigen Ausdruck $\cos. i = \sqrt{\frac{n^2 - 1}{3}}$ den Werth von $n = \frac{109}{81}$, ſo findet man $i = 58°$, für das Violett $D = 40° 17'$. Um alſo die Stelle des violetten Bogens zu erhalten, muß man durch das Auge des Beobachters eine Linie ziehen, welche mit OH einen Winkel von 40° 17′ macht, und übrigens iſt klar, daß der violette Streif, wie der rothe, in einer dem Durchmeſſer der Sonne entſprechenden Breite von 30′ erſcheinen wird. Alle zwiſchen Roth und Violett liegenden Farben des Sonnenbildes werden auf gleiche Weiſe Streifen von derſelben Breite geben, aber ſie werden in Höhen fallen, welche zwiſchen denen des Roth und Violett inne liegen. Durch Rechnung wird man leicht die wahre Stelle aller dieſer Streifen beſtimmen können, deßgleichen die Ausdehnung, in welcher ſich einer über den anderen ſtellt, und mithin die Farbenſtufen, welche gegen die Mitte des Regenbogens ſich ergeben müſſen. Als Reſultat der ganzen Unterſuchung ſieht man, daß ſich alle Farben des Regenbogens auf mehr oder weniger weit geöffneten koniſchen Oberflächen befinden, indem ſie alle zur gemeinſchaftlichen Axe die Linie haben, welche durch das Auge des Beobachters und den Mittelpunkt der Sonne geht; daß die Kegelfläche des Violett die innerſte iſt, indem ſie mit der Axe einen Winkel von 40° 17′ macht; daß die Kegelfläche des Roth die äußerſte iſt, indem ſie mit der Axe einen Winkel von 42° 2′ macht; daß die ganze Breite der Farben, mithin eine Ausdehnung von 1° 45′ einnimmt. Newton, der zuerſt eine vollſtändige Erklärung des Regenbogens gegeben, hat alle dieſe Reſultate durch Beobachtung beſtätigt. Die Ausdehnung des Regenbogens, welche man wahrnimmt, hängt offenbar von der Höhe der Sonne über dem Horizont ab. Beim Untergange der Sonne wird man den Regenbogen im Oſten erblicken, und derſelbe wird für einen Beobachter in der Ebene einen ganzen Halbkreis darſtellen; aber für einen Beobachter welcher ſich auf der Spitze eines hohen Ber-

ges befindet, wird der Regenbogen noch über einen Halbkreis bilden; beim Aufgange der Sonne werden dieſelben Phänomene auf der Weſtſeite des Himmels auftreten. Je höher die Sonne über dem Horizont ſteht, deſto kleiner iſt die Ausdehnung des Bogens, welchen man wahrnimmt. Befindet ſich die Sonne genau im Zenith, ſo wird man von der Spitze des Maſtes eines Schiffes zu ſeinen Füßen auf dem Meere einen Regenbogen wahrnehmen können, welcher einen ganzen Kreisumfang bildet.

Außer dem ſo eben näher erklärten Regenbogen beobachtet man zuweilen noch einen zweiten, welchen man den äußeren nennt, weil er den erſten einſchließt. Er wird durch dasjenige Licht hervor gebracht, welches zwei innere Reflexionen erlitten hat, wie Fig. 121. veranſchaulicht. SABCDE iſt der Weg des Strahls, welcher den äußern Regenbogen gibt; er fällt in der Richtung SA ein und fährt in der Richtung DE aus. Die Ablenkung STE, welche wir D' nennen wollen, iſt dann durch die Gleichung $D' = 6r - 2i - 180°$ gegeben, und ſein Maximum entſpricht einem Einfall, welcher durch $\cos. i = \sqrt{\frac{n^2 - 1}{8}}$ beſtimmt iſt. Stellt man die Rechnungen für das rothe und violette Licht an, deren Brechungsexponenten immer $n = \frac{108}{81}$ für das rothe, und $n = \frac{109}{81}$ für das violette ſind, ſo findet man folgende Reſultate:

Roth $i = 71° 50'$, $r = 45° 27'$, $D' = -50° 59'$
Violett $i = 71° 26'$, $r = 44° 47'$, $D' = -54° 9'$.

Das Minuszeichen, mit dem die Werthe D' behaftet ſind, zeigt an, daß die einfallenden und ausfahrenden Strahlen vor dem Waſſerkügelchen ſich ſchneiden. Bei dem zweiten Regenbogen iſt alſo das Roth inwendig, und das Violett auswendig; die Farben ſind in einer Ausdehnung von 3° 10′ entwickelt, ſo daß die Breite des zweiten Bogens beinahe die dreifache des erſten iſt. Der Zwiſchenraum zwiſchen dem innern Roth des zweiten Bogens und dem äußern Roth des erſten, iſt durch die Differenz der Ablenkungen gegeben, alſo $= 50° 59' - 42° 2' = 8° 57'$. Newton hat auch genaue Meſſungen angeſtellt, welche dieſe Reſultate beſtätigen. Es ſcheint, daß man unter beſonders günſtigen Umſtänden zuweilen noch einen dritten Regenbogen wahrgenommen hat, aber ſein Licht iſt immer nur ſehr ſchwach, weil es eine zu große Anzahl innerer Reflexionen in den Regentropfen erfahren hat.

Auch der Mond kann Regenbogen bilden wie die Sonne, namentlich, wenn er voll iſt und im vollkommenſten Glanze am Himmel ſteht, aber im Vergleich mit den durch die Sonne hervorgebrachten Regenbogen, ſind die Farben des vom Monde erzeugten immer nur ſehr blaß.

Reif iſt die bekannte Eisbildung, welche in unſern Klimaten an friſchen Frühlings- und Herbſtmorgen auf der Oberfläche ſolcher feſten

Körper beobachtet wird, welche der freien Luft ausgeſetzt ſind. Bei genauer Unterſuchung zeigen ſich die Eismaſſen des Reifes als beſtehend aus regelmäßig kryſtalliſirten Eistheilchen, deren Ecken Winkel von 60° bilden, und die häufig zu ſehr ſchönen Figuren unter einander verbunden ſind. Die Entſtehung des Reifes iſt eine doppelte; gewöhnlich iſt nämlich derſelbe nur gefrorner Thau (ſ. d. Art.). Die feſten Körper nehmen nämlich während der Nacht eine Temperatur an, welche um einige Grad niedriger als die der Atmoſphäre iſt, aus welcher der Thau des Morgens niederfällt, und iſt dieſe Temperatur einige Grad unter Null, ſo müſſen die auf die Körper fallenden Thautropfen gefrieren. So wie ſich der Himmel bewölkt, verdunſtet dieſer Reif in kurzer Zeit. Eine andere Art der Reifbildung kommt nicht nur zur Zeit der Thaubildung vor, ſondern ſtets, wenn auf länger dauernde Kälte wärmere und feuchte Winde folgen. Dann ſchlägt ſich die Feuchtigkeit der Luft in Geſtalt feiner Eiskryſtalle an den Körpern nieder, und bildet jene ſchönen Fäden, die namentlich bei Nebeln an den Aeſten der Bäume auftreten, und Franzen oder Bärte bilden. Eine gleiche Entſtehung haben auch die feinen Eistheilchen, welche an den Haupt- und Barthaaren binnen kurzer Zeit ſich bilden, wenn man im Winter bei einiger Kälte in die freie Luft ſich begibt. Die Haare erkalten nämlich und bereifen, indem ſich aus dem warmen feuchten Athem die Feuchtigkeit an ſie niederſchlägt. Eine analoge Erſcheinung iſt auch die Bildung des Eiſes an den Fenſterſcheiben, welche durch die äußere Temperatur erkältet ſind, ſo daß ſich aus der wärmern und feuchten Zimmerluft die Feuchtigkeit an ihnen abſetzt und ſogleich Eiskryſtalle bildet.

Reſonanz (v. d. lat. resonare wiedertönen, zurückklingen), heißt das Mittönen elaſtiſcher Körper, wenn andere Körper klingen. Da nämlich jeder tönende Körper ſich in einer ſchwingenden Bewegung befindet, welche er der ihn umgebenden Luft mittheilt, ſo wird durch dieſe auch jeder andere in der Nähe befindliche Körper in eine ſchwingende Bewegung geſetzt, welche unter den geeigneten Umſtänden als Ton auftritt, und da nämlich die ſchwingende Bewegung des erwähnten zweiten Körpers dem vom erſten erzeugten Tone entſpricht, ſo wird der zweite Körper dann tönen, wenn er ſo beſchaffen iſt, daß durch ihn ein dem Tone des erſten Körpers gleicher Ton mit Leichtigkeit erzeugt werden kann. Am meiſten iſt dieſes der Fall bei zwei gleich geſtimmten Saiten; wenn man daher die eine dieſer Saiten anſchlägt, ſo tönt auch die andere, ſelbſt wenn ſie ſich in einer nicht unbedeutenden Entfernung von der erſten befindet. Man kann dieſes Mittönen augenfällig machen, wenn man auf eine Saite einer geſtimmten Violine einen kleinen Papierreiter ſetzt. So wie man auf einer andern Violine dieſelbe Saite ſtreicht, fällt der Papierreiter von der Saite der erſten Violine herab wegen der Erſchütterung, die dieſelbe erleidet. Da die Faſern wohlausgetrockneten Holzes ſehr elaſtiſch ſind, ſo klingen ſie wie geſpannte Saiten mit, ſobald ein Ton angegeben wird, der ihrer Spannung und Länge entſpricht. Hierauf beruht die Herſtellung der **Reſonanzböden** bei muſikaliſchen Inſtrumenten. Da man bei den meiſten dieſer Inſtrumente

(Saiteninſtrumente) eine große Mannigfaltigkeit von Tönen erzeugt, ſo müſſen die Reſonanzböden ſo eingerichtet ſein, daß, wo möglich jeder Ton eine zu ſeiner Verſtärkung beitragende hinlängliche Anzahl mitklingender Holzfaſern findet. Daher werden in die Reſonanzböden krumme Einſchnitte (Schalllöcher) und Stege auf denſelben angebracht, durch welche Faſern von mannigfach verſchiedener Länge hergeſtellt werden. Gibt es in dem Reſonanzboden eines Inſtrumentes für gewiſſe Töne eine große Anzahl mitklingender Faſern und für andere weniger, ſo ſpielt ſich das Inſtrument aus den erſten Tönen reiner und ſtärker, als aus den andern. Da auch die Wände und Decken der Zimmer u. ſ. w. reſoniren, ſo muß man bei Erbauung von Concertſälen, Kirchen u. ſ. w. darauf Rückſicht nehmen, daß das Mitklingen bei Aufführungen von Muſiken förderlich, nicht hinderlich ſei. Bekanntlich gibt es Concertſäle, in denen die muſikaliſchen Sätze aus gewiſſen Grundtönen beſſer ins Ohr fallen, als die aus andern; der Grund iſt, daß dieſe Säle in Folge ihrer Bauart für gewiſſe Töne mehr, als für andere Reſonanz haben. Spröde und dabei elaſtiſche Körper klingen und ſind nach den ihnen eigenthümlichen Tone zum Mitklingen für gewiſſe Töne am meiſten geneigt; daher können ihre Theile durch einen Ton, der hinlänglich ſtark iſt, in ſo ſtarke Bewegung geſetzt werden, daß jene Körper zerſpringen. Bekanntlich kann man z. B. auf dieſe Weiſe Gläſer zerſprengen, indem man den ihrer Stimmung entſprechenden Ton in ſie hineinſchreit.

Reſultante (v. d. lat. resultare ſich ergeben) heißt diejenige Kraft, welche vermöge ihrer Stärke und Richtung zwei oder mehre gegen einen Körper gerichtete Kräfte ſo erſetzen kann, daß ihre Wirkung ganz dieſelbe wie die dieſer Kräfte zuſammen iſt. Bekanntlich bezeichnet man jede auf einen Körper wirkende Kraft durch eine gerade Linie, deren Länge den Weg ausdrückt, den gemäß dieſer Kraft der von ihr frei bewegte Körper in Einer Zeiteinheit zurücklegen wird, und deren Richtung die Richtung nach welcher dieſe Bewegungen erfolgen würde, bezeichnet. Wenn ferner zwei Kräfte auf einen Körper einwirken, und dieſe Kräfte in angegebener Weiſe bezeichnet ſind, ſo iſt die wirkliche Richtung und die wahre Länge des in Einer Zeiteinheit von einem ſo bewegten Körper zurückgelegten Weges bezeichnet durch die Diagonale eines aus jenen, die wirkenden Kräfte darſtellenden, Linien conſtruirten Parallelogramms. Bezeichnet alſo AB (Fig. 122.) die eine, BC die andere Kraft, ſo bewegt ſich der Körper B durch BD, BD iſt mithin die Reſultante, und wenn jenen beiden Kräften AB und BC eine Kraft BD entgegen wirkte, ſo würde gar keine Bewegung erfolgen, oder der Körper würde, wie man ſagt, im Gleichgewichte bleiben. Die Reſultante mehrer auf einen Körper wirkenden Kräfte zu finden iſt leicht, wenn man nach und nach die Reſultanten je zweier Kräfte ſucht, und die aus dieſen reſultirenden Kräfte wieder aufſucht mit der leichten Conſtruction der Parallelogramme. Z. B. man habe den Punkt B (Fig. 123.), auf welchen die 5 Kräfte AB, CB, DB, EB und FB wirken, ſo hat man durch Conſtruction des Parallelogramms AGCB

die Reſultante BG aus AB und CB, und nun wieder durch Conſtruction der Parallelogramme BGHD, die Reſultante BH aus BG und DB, ebenſo aus BH und BE die Reſultante BJ und aus BJ und FB, die Reſultante BK als letzte aus allen 5 Kräften ſich ergebende Reſultante; d. h. der durch die Kräfte AB, CB, DB, EB und FB zugleich in Bewegung geſetzte Körper bewegt ſich in der angenommenen Zeiteinheit z. B. in einer Secunde durch BK.

Rhodium eines der erſt in der neueren Zeit (von **Wollaſton** 1804) im Platin entdeckten Metalle, welches bis jetzt nur in Geſtalt eines grauen Pulvers erhalten wurde. Dieſes Pulver iſt kaum in der ſtärkſten Hitze einigermaßen ſchmelzbar, wo es dann Metallglanz und eine ſilberweiße Farbe annimmt. Sein ſpec. Gewicht iſt ungefähr = 11,0. Es iſt für ſich in allen Säuren, auch in Königswaſſer unauflöslich, und löſt ſich in dieſem nur in Verbindung mit andern Metallen. Beim Schmelzen des Metalles mit ſaurem ſchwefelſauren Kali wird es jedoch leicht oxydirt und aufgelöſt. Man unterſcheidet zwei Oxydationsſtufen deſſelben, **Rhodiumoxydul** und **Rhodiumoxyd**. Das letzte bildet mit Säuren rothe und gelbe Salze. Man kennt verſchiedene Verbindungen des Rhodiums mit Chlor, und eine mit Schwefel.

Ringkugel oder **Armillarſphäre** iſt eine Zuſammenſetzung mehrer Ringe, welche die verſchiedenen eingebildeten Linien der Himmelskugel darſtellen, um deren gegenſeitige Lage leicht zu veranſchaulichen. In der Mitte des Kugelgerippes befindet ſich ein kleiner Erdglobus.

Rolle iſt ein einfaches Inſtrument, welches in der Mechanik eine ſehr ausgedehnte Anwendung findet, und in einer Scheibe von Holz oder Metall beſteht, durch deren Mitte eine feſte Axe (Bolzen) geht, mit der die Scheibe beiderſeits auf Zapfenlagern ruht, in denen ſich dieſelbe umdrehen kann. Der äußere Rand der Scheibe iſt ringsum mit einer vertieften Rinne verſehen, damit ein um die Rolle geſchlungenes Seil nicht ſeitwärts abgleite. Die Zapfenlager befinden ſich oft in einer eigenen Hülſe, welche im Allgemeinen aus zwei nach der einen Seite hin feſt mit einander verbundenen Schienen beſteht, in denen ſich die Zapfenlager befinden. Auf der Seite wo beide Schienen mit einander verbunden ſind, befindet ſich ein Haken oder eine Oeſe. Fig. 124. ſtellt eine ſolche an einem Nagel aufgehangene Rolle vor. Die Alten rechneten die Rolle zu den 6 einfachen Maſchinen (ſ. d. Art. S. 606.), ſie iſt jedoch nichts anders als eine zuſammengeſetzte Anwendung des Hebels. Man unterſcheidet **feſte** und **bewegliche** Rollen. Alle Rollen werden zur Bewegung von Laſten angewendet, und eine feſte Rolle iſt eine ſolche, bei welcher die Rolle bei der Erhebung der Laſt nicht mit gehoben wird, eine bewegliche eine ſolche, bei der dieſes der Fall iſt. Hängt man die Rolle mit ihrer Oeſe an einen feſten Haken wie Fig. 125. zeigt, und ſchlingt darüber ein Seil, an dem die Laſt L und

die Kraft K angebracht ſind, ſo hat man offenbar einen Hebel ACB, gegen deſſen Enden A und B die Kräfte K und L ſenkrecht wirken. Stellt K′ die Kraft vor, ſo hat man einen Winkelhebel ACH, gegen deſſen Enden die Kräfte ſenkrecht wirken, und eben ſo wenn die Kraft nach der Richtung OK″ wirkt, einen Winkelhebel ACO, gegen deſſen Enden die Kräfte ſenkrecht wirken; denn ſtets wird das Seil eine Tangente an die Rolle bilden, wie irgend auch die Kraft angebracht ſein mag. Alle ſich bildenden Hebel haben ihren Ruhepunkt in C, und ihre Arme ſind ſtets gleich dem Halbmeſſer der Rolle. Eine feſte Rolle wirkt alſo wie ein gleicharmiger Hebel, d. h. Laſt und Kraft ſind im Gleichgewichte, wenn ſie gleich ſind, und ſoll die Kraft die Laſt heben, ſo muß ſie größer als dieſe ſein. Hiernach hat die Anwendung einer feſten Rolle keine Erſparung an Kraft zu Folge, im Gegentheil wird die Laſt noch um einiges vermehrt werden durch die unvermeidliche Reibung des Seils an der Rolle. Man ſieht aber ſchon aus der Zeichnung, daß die feſte Rolle ein Mittel gibt, die Anwendung der Kraft nach jeder beliebigen Richtung möglich zu machen, und dieß iſt auch der Grund, aus dem man die feſte Rolle in der Mechanik anwendet. Denn wenn man Kräfte anwenden will, ſo muß man dabei auf die Richtung Rückſicht nehmen, in der ſie ſich anbringen laſſen. Pferde wirken z. B. am beſten in horizontaler, Menſchen in verticaler, todte Körper in ſenkrecht herabgehender Richtung.

Bei der beweglichen Rolle iſt das Seil mit einem ſeiner Enden befeſtigt, z. B. (Fig. 126.) bei a, iſt dann um die Rolle gelegt, an deren Haken die Laſt L hängt, und an das andere Ende des Seils iſt die Kraft K angebracht. Die Laſt wirkt in der Richtung cJ. Sind die beiden Enden des Seils ab und Ke parallel cJ, ſo hat man offenbar einen Hebel ecb, gegen den bei c die Laſt, bei e die Kraft ſenkrecht wirkt und der bei b ſeinen Ruhepunkt hat. Nach dem Geſetze des Hebels (ſ. d. Art. S. 21.) iſt folglich Laſt und Kraft im Gleichgewichte, wenn ſich verhalten K : L = cb : eb d. h. = 1 : 2. Bei Anwendung einer Rolle in dieſer Weiſe erſpart man folglich die Hälfte der Kraft. Mit einer Kraft, wenig ſtärker als die Hälfte der Laſt, wird man die ganze Laſt zu heben im Stande ſein. Sind aber die Seile nicht parallel der Richtung der Laſt, ſondern iſt z. B. das Seil bei g befeſtigt, die Kraft bei K′ angebracht, ſo daß gm und K′l einen Winkel K′kg mit einander machen, ſo hat man einen Hebel lm, gegen den bei i die Laſt, bei l die Kraft wirkt, der bei m ſeinen Ruhepunkt hat, und gegen deſſen Arme die Kräfte nicht ſenkrecht wirken. Das hier in Anwendung kommende Geſetz des Hebels iſt (ſiehe Hebel S. 23.): „Die Kräfte ſind im Gleichgewicht, wenn ſie ſich verhalten, umgekehrt wie die Perpendikel vom Drehungspunkte auf die Richtungen dieſer Kräfte.“ Wir ziehen alſo dieſe Senkrechten; ſie ſind: mn (Perpendikel auf die Richtung von K′) und mi (Senkrechte auf die Richtung von iJ). Es iſt alſo K : L = mi : mn. Nun ſind aber in den beiden Dreiecken lmn und cmi der W. n = W. i als rechte, und weil lc (der Radius ſenkrecht auf der Tangente) parallel mn iſt, ſo iſt W. lmn = W. mlc = W. cml (weil lc = cm als Ra-

dien); mithin iſt Dreieck lmn ähnlich Dreieck cim, und es verhält ſich alſo mi : mn = cm : ml, folglich auch K : L = cm : ml. cm iſt der Radius, ml die Sehne des doppelten Winkels icm, nach den Lehren der ebenen Trigonometrie alſo verhält ſich K' : L = cm : ml = 1 : 2 sin. icm.

Hierin iſt der vorher betrachtete ſpecielle Fall enthalten, wo angenommen wurde, daß die Kraft parallel der Laſt wirke, denn dann wird offenbar der Winkel icm zum Winkel icb, d. h. = 90°, folglich: da sin. 90° = 1, ſo hat man, wie gefunden wurde, für dieſen Fall K : L = 1 : 2. Im Allgemeinen ſieht man aber, daß wenn der Winkel icm kleiner wird, auch der durch die Rolle hervorgebrachte Kraftvorſprung geringer wird, und iſt icm = 30°, ſo hat man:

$$K : L = 1 : 2 \sin. 30°.$$

sin. 30° iſt aber gleich $\frac{1}{2}$. (Die Seite des regelmäßigen Sechseckes iſt gleich dem Radius, der Centriwinkel deſſelben $= \frac{360}{6} = 60°$, folglich die Seite des Sechseckes = dem doppelten Sinus des Winkels von 30°, dividirt durch den Radius, dieſer = 1 geſetzt, ſo iſt mithin der sin. 30° = $\frac{1}{2}$). Man hat in dieſem Falle alſo K : L = 1 : 1, d. h. die Kraft muß zur Herſtellung des Gleichgewichts gleich der Laſt ſein. Es iſt aber icm = 30°, wenn lcm = 60° folglich lkm, der Winkel der Seile = 180° — 60° = 120° iſt. Bei dieſem Winkel alſo hört die Anwendung der beweglichen Rolle auf vortheilhaft zu ſein. Läßt man aber icm noch weiter abnehmen, bis cm und ci zuſammenfallen, d. h. icm = 0 und lkm = 180°, alſo daß das Seil geradlinig geſpannt wird, ſo iſt:

$$K : L = 1 : 2 \sin. 0° = 1 : 0$$

alſo $K = \frac{L}{0} = \infty$. Die Kraft muß in dieſem Falle unendlich werden. Um das Seil völlig gerade zu ſpannen, wenn es mit einer Laſt beſchwert iſt, muß man eine unendlich große Kraft anwenden, d. h. es iſt überhaupt gar nicht möglich. Man ſieht von ſelbſt, daß bei der Anwendung der Rolle, die Reibung des Seils an der Rolle zu berückſichtigen iſt, und daß zu der Laſt noch das Gewicht der Rolle jedesmal hinzukommt.

Der Vortheil, den man in der Mechanik aus der Anwendung der beweglichen Rolle zieht, kann durch Anwendung mehrer Rollen noch vermehrt werden. Eine derartige Verbindung von Rollen gibt den Flaſchenzug oder Polyſpaſt. Am nächſten der einfachen Rolle ſteht der ſogenannte Potenzflaſchenzug, der in ſeiner einfachſten Geſtalt Fig. 127. abgebildet iſt. Wie man ſieht, beſteht er aus drei beweglichen und einer feſten Rolle; ſtatt drei könnte man auch noch mehre bewegliche Rollen anbringen. L iſt die Laſt, welche am Haken der unterſten Rolle hängt, um dieſe iſt ein bei a befeſtigtes Seil geſchlungen, welches bei m an den Haken der zweiten Rolle feſtſitzt; um die zweite Rolle geht ein kürzeres bei b und an den Haken n der dritten Rolle befeſtigtes Seil und um die letzte Rolle ſchlingt ſich ein bei c befeſtig-

tes Seil, welches nachher über die feſte Rolle R geht und an das bei K die Kraft angebracht iſt. Man ſieht leicht, daß nach den bei der Rolle in Anwendung gekommenen Geſetzen des Hebels, weil alle Seile unter einander parallel ſind, die zweite Rolle nur noch die Hälfte der Laſt zu heben hat, die dritte nur noch ein Viertel u. ſ. f.; im Allgemeinen die letzte, welche die feſte iſt, ſobald n bewegliche Rollen ſind, $\frac{1}{2^n}$ der Laſt. Andere ähnliche Einrichtungen haben die Flaſchenzüge Fig. 128. und 129., deren Einrichtung und Wirkungen ſich leicht ergeben, wenn man die Umſchlingungsart der Seile verfolgt. Bei dem gemeinen Flaſchenzuge ſind mehre Rollen über oder neben einander geſtellt, und durch Ein Gehäuſe verbunden. Er beſteht, wie Fig. 130. zeigt, aus zwei Gehäuſen oder Flaſchen, welche eine gleiche Anzahl von Rollen haben; die eine Flaſche iſt feſt, die andere beweglich. Von dem untern Haken der obern Flaſche geht das Seil aus, ſchlingt ſich um die oberſte Rolle der beweglichen Flaſche, dann um die erſte Rolle der feſten, ferner um die zweite Rolle der beweglichen, hierauf um die zweite Rolle der feſten, endlich um die letzte Rolle der beweglichen und um die letzte Rolle der feſten Flaſche. An dem Haken der beweglichen Flaſche iſt die Laſt befeſtigt, an das freie Ende des Seils die Kraft angebracht. Die Seile ſind parallel und das Verhältniß der Kraft gegen die Laſt wird daher gleich 1 zu 2mal der Anzahl der beweglichen Rollen ſein (bei n Rollen $= \frac{1}{2n}$) oder was daſſelbe: die Kraft verhält ſich zu der Laſt, wie 1 zur Anzahl der Seile (im hier betrachteten Falle gleich 6), wenn Kraft und Laſt einander das Gleichgewicht halten. Bei dem eben beſchriebenen, den am häufigſten in Anwendung gekommenen Flaſchenzuge müſſen die Rollen von abnehmender Größe ſein, damit die Seile parallel neben einander, ohne ſich an einander zu reiben, hingehen können. Statt aber die Rollen über einander zu ſtellen, kann man ſie, wie Fig. 131. zeigt, auch neben einander anbringen. Die Art, wie die Seile umgeſchlungen werden, iſt aus der Zeichnung erſichtlich. Dieſe zweite Art der Flaſchenzüge hat jedoch die Nachtheile, daß die Rollen ſämmtlich auf Einer Achſe ſich bewegen, daher dieſe die ganze Laſt zu tragen hat und leicht ſich beugen oder brechen kann (ein Uebelſtand der vermieden wird, wenn zwiſchen den Rollen ſtarke Wände durch das Gehäuſe gehen, in denen die Zapfenlager der Rollen ſo angebracht ſind, daß jede Rolle eine eigene Achſe erhält) und daß das Seil zuletzt über die ſeitwärts ſtehenden Rollen geht, daher der Flaſchenzug, ſobald die Kraft in Thätigkeit geſetzt wird, auf dieſer Seite zuerſt afficirt und mithin leicht in eine ſchiefe Stellung gebracht wird. Man wendet daher derartige Flaſchenzüge nur an, wenn ſie aus einer geringen Anzahl von Rollen beſtehen. Die angegebenen Uebelſtände ſind vermieden und zugleich eine große Anzahl von Rollen angebracht, in dem von Smeaton erfundenen, Fig. 132. abgebildeten Flaſchenzuge, bei welchem, wie die Fig. zeigt, zwei Reihen von Rollen über einander ſtehen, von denen die einen einen größern Durchmeſſer, als die andern haben. Der Flaſchenzug iſt daher aus den beiden vorerwähnten Arten

zuſammengeſetzt und die Umſchlingung der Seile geſchieht ſo, daß das Seil zuerſt über die Rolle 1, dann über 2, 3 u. ſ. f. bis 20 geführt, hierauf aber am Haken 21 befeſtigt iſt. Die Anzahl der neben einander ſtehenden Rollen muß ſtets eine ungrade ſein, dann geſchieht die Anziehung des Seiles bei 1, alſo in der Mitte des Flaſchenzuges; die Laſt verhält ſich zur Kraft bei dem abgebildeten Flaſchenzuge, wie 1 zu 20. Um die Reibung der Achſen der Rollen zu vermindern, hat White den Fig. 133. abgebildeten Flaſchenzug angegeben, wo die neben einander ſtehenden Rollen allmälig größer werden und zu einem Ganzen verbunden ſind, ſo daß ſich in jedem Bügel eigentlich Ein abgeſtumpfter Kegel umdreht, in den in gleich weiten Abſtänden gleiche tiefe Rinnen ringsum eingearbeitet ſind. Dieſe Vorrichtung leidet jedoch an dem Uebelſtande, daß ſie ſchief angezogen wird und daß ſich die Seile leicht verwirren, indem ſie aus ihren Fugen herausgleiten. Dieſe und ähnliche Einrichtungen ſind daher nicht ſehr in Gebrauch gekommen. Die Smeatonſche Vorrichtung iſt auch ſo abgeändert worden, daß man die obern Rollen mit ihren Achſen rechtwinklich gegen die Achſen der untern Rollen geſtellt hat. Am wirkſamſten iſt diejenige Einrichtung eines Flaſchenzuges, der dem Potenzflaſchenzuge näher ſteht, welche Fig. 134. abgebildet iſt. L iſt die Laſt und K die Kraft, die Anbringung der Seile iſt aus der Fig. erſichtlich. Hätte man nur die eine Rolle A, ſo würde, wenn die Kraft an dem über ſie geſchlungenen Seile angebracht wäre, dieſelbe erſtens, da das über R geſchlungene Seil der Laſt bei c befeſtigt iſt, mit dem Hebel ab, deſſen Unterſtützungspunkt bei b iſt, und deſſen Arme ſich folglich verhalten wie 1 : 2, wirken, und zweitens mit demſelben Hebel ab, der zugleich einen Unterſtützungspunkt bei c hat, indem die Laſt durch das zweite Seil bei b angebracht iſt, als mit einem gleicharmigen Hebel wirken; das Verhältniß der Kraft zur Laſt iſt folglich in dieſem Falle $= 1 : 3$. Durch eine zweite Rolle B wird erſtens die ſchon auf $\frac{1}{3}$ herabgebrachte Laſt durch die Verbindung mit den erſten Rollen nochmals halbirt und zweitens gegen die Laſt unmittelbar noch mit einem gleicharmigen Hebel gewirkt, mithin verhält ſich bei zwei beweglichen Rollen $K : M = 1 : 7$. Im Allgemeinen wird, wie man ſieht, bei n beweglichen Rollen das Verhältniß ſein: $K : L = 1 : 2^{n+1} - 1$.

Vergleicht man die verſchiedenen Flaſchenzüge mit einander, ſo iſt:

beim gewöhnlichen Flaſchenzuge	$K : L = 1 : 2n$
beim Potenzflaſchenzuge	$K : L = 1 : 2^n$
bei dem zuletzt erwähnten	$K : L = 1 : 2^{n+1} - 1$.

Beim Potenzflaſchenzuge iſt alſo die durch die Maſchine gewonnene Vervielfältigung der Kraft die nte Potenz von 2, während dieſelbe beim gewöhnlichen Flaſchenzuge nur das Produkt von n und 2 iſt. Hierin liegt die Erklärung des Namens Potenzflaſchenzugs. In der eben angegebenen Rückſicht auf Krafterſparung iſt der Potenzflaſchenzug und noch mehr der Flaſchenzug Fig. 134. offenbar vortheilhafter, als der gemeine. In anderer Beziehung aber ſteht er ihm nach. Bei allen Fla=

ſchenzügen gewinnt man nun ſoviel an Kraft, als man an Zeit verliert, wie dieß aus ihrer Ableitung vom Hebel folgt, oder was daſſelbe, während die Laſt um einen Fuß z. B. ſich fortbewegt, muß ſich die Kraft um ſo viele Fuße bewegen (das Seil um ſo viele Fuße ſich abwickeln) um wie vielmal die Kraft kleiner als die Laſt zu ſein braucht. Die Anwendbarkeit des gemeinen Flaſchenzuges hat eine Grenze, wenn die beiden Flaſchen einander berühren, die Anwendbarkeit des Potenzflaſchenzuges, wenn die oberſte bewegliche Rolle der feſten Rolle nahe kommt. Mit dem Potenzflaſchenzuge kann man daher die Laſt weniger hoch heben, als mit dem gemeinen; dieß wird um ſo anſchaulicher, ſobald man überlegt, daß nach dem angeführten Geſetze, wenn L (Fig. 127.) um einen Fuß ſich erheben ſoll, ſich m um zwei Fuß erheben muß und folglich n um vier Fuß, endlich K um acht ſinken. Bei dem Fig. 134. abgebildeten Flaſchenzuge ſenkt ſich in demſelben Verhältniß die unterſte Rolle B ſchneller, als die Laſt L ſich hebt, in welchem K zu L ſteht, und die Anwendung der Maſchine hört auf, wenn ſich die letzte Rolle der Laſt nähert. Im Allgemeinen wird man daher zur Hebung von Laſten auf größere Höhen den gemeinen Flaſchenzug, bei Hebung von großen Laſten auf kleine Höhen einen Potenzflaſchenzug oder den Flaſchenzug Fig. 134. anwenden. In Bezug auf den gewöhnlichen Potenzflaſchenzug iſt noch zu erwähnen, daß es in ſehr vielen Fällen bequem ſein wird, die oberen Enden der Seile an Einen Haken zu befeſtigen, wobei man keinen bedeutenden Verluſt an Kraft erleidet.

S.

Säuren ſind eine große Klaſſe chemiſcher Verbindungen, die ſich größtentheils durch einen ſauren Geſchmack auszeichnen, der bei einigen nur ſehr ſchwach iſt, bei andern dagegen bis zum höchſten Grade der Schärfe, bis zur Aetzbarkeit geht. Faſt alle Säuren ſind in Waſſer löslich, und ſie ändern die meiſten blauen Pflanzenfarben (reagiren ſauer): Lackmus, Violenſaft, Schwertlilien, blauen Kohl, Malven, den violetten Saft der rothen Monatrettige, Hollunderbeeren, die Häute ſchwarzer Trauben u. m. a. in Roth. Mit den Baſen verbinden ſie ſich zu Salzen, aus welchen Verbindungen ſie ſich im Kreiſe der Voltaſchen Säule (ſ. **Galvanismus**) am poſitiven Pole abſcheiden; daher ſie **elektronegativ** genannt werden. Sie werden eingetheilt in **organiſche** und **anorganiſche** Säuren. Die letzteren ſind entweder **Sauerſtoffſäuren**, d. h. Verbindungen einfacher ſäurefähiger Körper (Radicale) mit Sauerſtoff, oder **Waſſerſtoffſäuren**, d. h. Verbindungen ſolcher Körper mit Waſſerſtoff. Die Sauerſtoffſäuren heißen **Metallſäuren**, wenn der mit dem Sauerſtoff verbundene Körper ein Metall iſt, **Mineralſäuren**, wenn derſelbe eine nicht metalliſche Subſtanz iſt. Die organiſchen Säuren enthalten Sauerſtoff

und Waſſerſtoff zugleich. Nur die Kleeſäure iſt frei von Waſſerſtoff. Man theilt dieſelben in ſtickſtofffreie (vegetabiliſche) und ſtickſtoffhaltige (thieriſche) Säuren.

Salze heißen die Verbindungen von Säuren und Baſen (ſ. d. Art.), welche größtentheils kryſtalliſirbar, und von einem eigenthümlichen, aber vielfach verſchiedenen (ſalzigen) Geſchmack ſind. Nicht alle ſind in Waſſer löslich, und die unlöslichen ſind geſchmacklos. Die Neutralſalze reagiren weder ſauer noch baſiſch, alſo verändern weder blaues noch rothes Lackmus u. ſ. w. Die Mitelſalze ſind Verbindungen der Säuren mit Erden und Metalloxyden, und reagiren meiſt ſauer. Von den aus Säuren und Alkalien beſtehenden Salzen heißen die, welche die blauen Pflanzenfarben röthen, ſaure Salze; die, welche baſiſch reagiren (z. B. das Roth des Fernambuk in Vitriol verwandeln) baſiſche Salze. Sonſt unterſcheidet man auch einfachſaure Salze, wenn 1 Miſchungsgewicht Säure mit 1 M.=G. Baſe verbunden iſt; Doppelſäure, wenn 2 M.=G. Säure mit 1 M.=G. Baſe verbunden ſind; dreifach=, vierfachſaure u. ſ. f. Sind $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ u. ſ. f. M.=G. Säure mit 1 M.=G. Baſe verbunden, ſo hat man $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ u. ſ. w. ſaure Salze oder doppelt, dreifach, vierfach u. ſ. f. baſiſche Salze. Eine andere Eintheilung iſt noch in einfache Salze, wenn Eine Säure nur Eine Baſe bindet, doppelte Salze, wenn Eine Säure zwei Baſen bindet, Tripelſalze, wenn 3 Baſen an Eine Säure gebunden ſind. Zwillingſalze u. ſ. f. ſind gemeinſchaftliche Verbindungen von 2 Säuren mit 2 Baſen u. ſ. f.

Saturn (v. d. röm. Gotte der Zeit Saturnus) heißt der zehnte Planet von der Sonne, nach Uranus der entfernteſte aller Planeten, zeichnet ſich durch ein mattes Licht ohne Strahlen aus, und wird mit dem Zeichen ♄ bezeichnet, wodurch eine Sichel als Attribut des Saturns vorgeſtellt iſt. Er bewegt ſich unter den Sternen nur ſehr langſam und verweilt in demſelben Sternbilde $2\frac{1}{2}$ J. Seine Umlaufszeit um die Sonne beträgt $29\frac{1}{2}$ J., indem er in jeder Sec. nur 1,3 Meilen ſeiner Bahn zurücklegt. Die Sonne, von Saturn aus geſehen, hat nur einen Durchmeſſer 200 Sec., erſcheint alſo von dieſem Planeten aus $9\frac{1}{2}$ mal kleiner, als von uns. Seine mittlere Entfernung von der Sonne beträgt gegen 200 Mill. Meilen, ſeine nächſte Entfernung iſt 188, ſeine größte 210 Mill. Meilen. Noch mehr ändert ſich ſein Abſtand von der Erde, deſſen geringſte Länge 160, und deſſen größte Länge 223 Mill. Meilen beträgt. Er hat einen wahren Durchmeſſer von 17090 Meilen, erſcheint aber in der Erdnähe mit einem Durchmeſſer von 21 Sec. und in der Erdferne von 15 Sec. Sein Durchmeſſer iſt hiernach beinahe 10 mal ſo groß, als der Durchmeſſer der Erde, ſeine Oberfläche 95 mal ſo groß, als die der Erde und ſein körperlicher Inhalt 928 mal ſo groß als der der Erde. Da ſeine Maſſe nur der 3512te Theil der Sonnenmaſſe iſt, d. h. 95 mal größer als die Maſſe der Erde, ſo kann ſeine Dichte nur ein Zehntel der Dichte der Erde ſein. Der Fall der Körper in der erſten Sec. iſt auf dem

Saturn $14\frac{1}{2}$ Par. Fuß. Wie der Jupiter, ſo zeigt die Oberfläche des Saturn, wenn man ſie durch Fernrohre betrachtet Streifen, welche dem Aequator parallel ſind und wahrſcheinlich von der Beſchaffenheit der Atmoſphäre dieſes Weltkörpers abhängen. Man hat bemerkt, daß der Pol des Saturn, welcher von der Sonne abgewendet iſt, heller und weißer als der andere erſcheint und dieſes von der gewaltigen Kälte abgeleitet, welche dort während des $7\frac{1}{4}$ Jahr dauernden Winters herrſcht. Die Umdrehung des Saturn um ſeine Achſe iſt nach Beobachtungen von Flecken auf ihm zu $10\frac{1}{2}$ Stunden beſtimmt worden. Da ſeine Bahn einen Winkel von beinahe 30 Graden mit ſeinem Aequator macht, ſo muß auf ihm eine große Verſchiedenheit der Jahreszeiten herrſchen. Da ſich dieſer große Körper ſo ſchnell um ſeine Achſe dreht, ſo iſt die ſich daraus ergebende Abplattung deſſelben ſehr bedeutend, doch hat ſie auf genaue Weiſe noch nicht beſtimmt werden können, weil die äußere Geſtalt des Saturn fortwährend große Aenderungen erleidt, welches entweder eine Folge ſeiner bedeutenden Abplattung oder einer ihn umgebenden dichten, in fortwährenden Schwankungen begriffenen Atmoſphäre iſt. Die frühern Aſtronomen waren über die Geſtalt des Saturn ſehr uneinig und erſt die Verbeſſerung der Fernrohre machte genauere Kenntniſſe möglich. Huygens entdeckte zuerſt, daß die Kugel des Saturn ringsum von einem dünnen, breiten, frei ſchwebenden Ringe umgeben iſt; hierauf machte Caſſini weitere Beobachtungen, daß der Ring des Saturn eigentlich aus zwei mit ſich und mit dem Saturn concentriſchen Ringen beſtehe, von denen der äußere ſchmälere, mit dem andern in derſelben Ebene liegende, Ring von ihm durch einen Zwiſchenraum getrennt iſt, den er auf der breiten Fläche des Ringes gleich einem dunklen Bande bemerkte. Man fand ſpäter noch mehre derartige dunkle Kreiſe und ſchloß daraus, daß es vielleicht noch mehr als zwei concentriſche Ringe geben möge. Die neueſten Meſſungen dieſer Ringe ſind von Struve und in folgender Tafel enthalten. Die darin angegebenen Winkel beziehen ſich auf den mittlern Abſtand des Saturn von der Sonne oder der Erde, welcher 9,5388 Erdbahnhalbmeſſer beträgt. Man erhält die in Secunden ausgedrückte Größe in geographiſchen Meilen, wenn man die erſten durch 950 multiplicirt. In der Fig. 135. iſt a der Mittelpunkt Saturns und der beiden Ringe, am der Halbmeſſer Saturns und cd der Raum, der beide Ringe von einander trennt.

		In Sec.	In d. Meil.
Aeußerer Halbmeſſer des äußeren Ringes	ae..	20″,047....	19045
Innerer — — — —	ad..	17″,644....	16762
Aeußerer Halbmeſſer des innern Ringes....	ac..	17″,237....	16375
Innerer — — — —	ab..	13″,334....	12667
Halbmeſſer Saturns..............................	am..	8″,995....	8545
Breite des äußern Ringes........................	de..	2″,403....	2283
Breite des innern Ringes........................	bc..	3″,903....	3708
Breite des Zwiſchenraums................	cd..	0″,407....	387

	In Sec.	In d. Meil.
Entfernung der innern Seite des innern Ringes von der Oberfläche Saturns bm	.4″,3397....	4122
Breite des Doppelringes........................ be.	.6″, 713....	6378*)

Nach den neuſten Beſtimmungen von Beſſel iſt die Neigung dieſes Ringes 28° gegen die Ekliptik und die Länge ſeines aufſteigenden Knotens in der Ekliptik 167 Grade. Dieſe Neigung iſt der Grund, aus welchem der wirklich kreisförmige Ring elliptiſch zuſammengedrückt erſcheint, und zwar ſo, daß während die ſcheinbare halbe große Axe unveränderlich 20″,047 iſt, die veränderliche halbe kleine Axe höchſtens = 9″,55 iſt, oft aber bis zu einer verſchwindenden Größe abnimmt. Man erblickt dann den Ring nur als eine gerade Linie oder gar nicht. Die Verſchwindungen des Ringes ſind durch die Stellung des Planeten gegen Sonne und Erde bedingt, und ihre Beobachtung daher von großer Wichtigkeit für die Aſtronomen. Was die Natur des Ringes betrifft, ſo geht ſchon aus der Analogie hervor, daß derſelbe nichts anderes ſein könne, als gleichſam eine Anhäufung von Monden, oder eine Mondbahn, welche von Monden ſo erfüllt iſt, daß einer an den ande-

*) Littrow bemerkt bei Anführung dieſer Tabelle Folgendes. Man ſieht daraus die Größe dieſes den Saturn freiſchwebend umgebenden Ringes. Sein äußerſter Durchmeſſer 2ac beträgt 38090 Meilen oder 22 Durchmeſſer der Erde und der äußerſte Umfang dieſes Ringes hat 119663 Meilen. Der jüngere Herſchel hat auch bei Gelegenheit der letzten Verſchwindung dieſes Ringes die Dicke deſſelben zu beſtimmen geſucht, und ſie gleich 0,023 Sec. oder gleich 22 d. Meil. gefunden. Daraus würde folgen, daß der körperliche Inhalt oder das Volum beider Ringe zuſammen 13980 Millionen Kubikmeilen oder nahe fünfmal ſo viel, als das Volum der Erde beträgt. Allein Schröter folgert aus ſeinen Beobachtungen dieſe Dicke des Ringes gleich 0″,125 oder 119 Meilen, wo dann das Volum der beiden Ringe das unſerer Erde 27 mal übertreffen würde. — Daß dieſer Ring, ſowie die Kugel Saturns, ein dunkler Körper iſt, der ſein Licht nur von der Sonne erhält, folgt ſchon daraus, daß man oft genug den Schatten deutlich ſieht, den Saturn auf ſeinen Ring und den auch der Ring auf den Körper des Saturn wirft. Auch die Farbe des Saturn iſt von der des Ringes verſchieden. Herſchel fand jenen gelblich und dieſen lebhaft weißlich gefärbt. Der Raum bm zwiſchen der Oberfläche des Saturn und der innern Seite des innern Ringes iſt ohne Zweifel ein leerer Raum, durch den man den Hintergrund des Himmels erblickt. In Smiths Optik wird erzählt, daß Clarke in England einen Fixſtern in dieſem leeren Raum durchblicken ſah, die einzige Beobachtung dieſer Art, ſo viel uns bekannt iſt, die aber wohl leicht mehre finden würde, wenn man den Saturn zu dieſer Abſicht in ſternreichen Gegenden des Himmels eifriger verfolgen wollte, als bisher geſchehen ſein mag.

ren ſtößt und ſo ein völliger Kranz von Monden entſteht. Hieraus ſind die großen Unebenheiten erklärlich, die man auf dem Ringe beobachtet hat (Berge von 200 Meilen Höhe!), ſo wie die von Herſchel gemachte Beobachtung, daß der Ring in $10\frac{1}{2}$ St. um die Axe des Planeten ſich herumbewege, alſo etwa ſo ſchnell rotire wie der Planet ſelbſt, mit der angegebenen Annahme ſehr wohl übereinſtimmt. Ueber die 7 Monde oder Satelliten des Saturn, ſ. d. Art. Nebenplaneten, die nähere Angabe der Elemente des Saturn, ſ. im Art. Planeten.

Sauerſtoff, Oxygen (griech., d. h.) Säure erzeugender Stoff, Lebensluft, reine Luft, Feuerluft, dephlogiſtiſirte Luft, ein chemiſch einfacher Stoff, der wichtigſte von allen, welcher 1744 von Scheele und Prieſtley faſt zu gleicher Zeit entdeckt wurde. Von allen Stoffen iſt er der am häufigſten vorkommende. Er macht $\frac{8}{9}$ des Waſſers, $\frac{1}{5}$ der atmoſphäriſchen Luft aus, iſt in allen Salzen, den meiſten Steinen, Erden und allen Organismen enthalten, ſo daß man annehmen kann, daß er $\frac{1}{3}$ der ganzen bekannten Erde ausmacht. Er hat die größte Verwandtſchaft zu den meiſten übrigen Beſtandtheilen der Erde, und kommt daher gar nicht rein für ſich in der Natur vor, weßwegen er auch ſo lange unentdeckt blieb. Um ihn aber durch Hilfe der Kunſt rein darzuſtellen, bedient man ſich ſolcher Stoffe, die ihn in großer Menge enthalten und am geneigteſten ſind, ſich von ihm zu trennen. Solche Stoffe ſind die Oxyde der edlen Metalle, einige Hyperoxyde und einige Salze, wie Salpeter, chlorſaures Kali u. a. Am wenigſten gebunden iſt er in der atmoſphäriſchen Luft, doch läßt er ſich nicht leicht aus ihr für ſich darſtellen. Man kennt den reinen Sauerſtoff bis jetzt nur in luftförmiger Geſtalt, als Sauerſtoffgas. Die einfachſte Art dieſes Gas zu erhalten iſt die, daß man in einer gläſernen Retorte Braunſtein (Manganhyperoxyd) mit Schwefelſäure übergießt, und mittels Kohlenfeuers oder mit Hilfe einer Weingeiſtlampe erhitzt, die Mündung der Retorte in ein Gefäß mit Waſſer leitet, und in dieſem eine mit Waſſer gefüllte Flaſche über die Mündung der Retorte ſtürzt. Das Gas ſteigt in Blaſen auf, vertreibt allmälig das Waſſer aus der Flaſche und erfüllt dieſe. Man braucht auch nur in eine unten verſchloſſene etwas umgebogene Glasröhre etwas rothes Queckſilberoxyd zu thun, dieß mit einer Weingeiſtlampe (vorſichtig, damit ſie nicht ſpringe und man Queckſilberdämpfe einathme) zu erhitzen, und das Gas wie vorhin unter Waſſer aufzufangen. Das Sauerſtoffgas iſt ein farbloſes, geruch- und geſchmackloſes Gas, 745 mal leichter als Waſſer, aber etwas ſchwerer wie atmoſphäriſche Luft, ſo daß ſein ſpecif. Gew. gegen dieſe = 10 : 9 oder = 1,111 : 1,000 iſt. 100 rheinl. Kubikzoll wiegen bei $12\frac{1}{2}°$ R. und mittlerer Barometerhöhe 38,83 Gran. Unter allen durchſichtigen Körpern hat es die geringſte lichtbrechende Kraft; dieſelbe verhält ſich zu derjenigen der atmoſphäriſchen Luft = 0,924 : 1,000, oder im Verhältniß der Dichtigkeit beider = 0,83 : 1,00. Unter allen Gasarten leuchtet es beim ſchnellen Zuſammendrücken am ſtärkſten. Das Sauerſtoffgas iſt derjenige Stoff, welcher jeden Verbrennungsproceß, Oxydationsproceß und Lebensproceß be-

dingt, indem alles Verbrennen nichts anderes als Verbinden mit Sauerſtoff iſt. Daher verbrennen auch alle Körper in reinem Sauerſtoffgaſe weit ſchneller und lebhafter als in atmoſphäriſcher Luft. Ein glühender Holzſpahn entzündet ſich darin. Bindet man an einen Eiſendraht oder noch beſſer eine Stahlfeder etwas glimmenden Schwamm, und bringt die Feder hierauf in eine mit Sauerſtoffgas gefüllte Flaſche, ſo verbrennt dieſelbe mit blendend heller Flamme und unter Funkenſprühen. Mit dem ſtrahlendſten weißen Lichte verbrennt Phosphor im Sauerſtoffgaſe. Wo dieſer Stoff fehlt, müßen Menſchen und Thiere erſticken, daher in verſchloſſenen Zimmern, in denen ſich viele Menſchen befinden, die Lichter immer ſchlechter brennen, das Athmen immer ſchwerer wird; und wenn endlich aller Sauerſtoff verzehrt wäre, ohne daß friſche Luft mit neuem Sauerſtoffe zugelaſſen würde, ſo würden die Menſchen, nachdem die Lichter erlöſcht wären, erſticken. Die Verbindungen des Sauerſtoffs mit anderen Stoffen, ſ. unt. den Namen der einfachen Stoffe. — Vergl. d. Art. Verbrennung.

Um das in einem Gasgemenge enthaltene Sauerſtoffgas der Menge nach zu beſtimmen, hat man verſchiedene unter dem Namen Luftgütemeſſer oder Eudiometer bekannte Apparate erdacht. Der Name Eudiometer kommt her von *εὔδιος* (heiter, gut, von der Luft,) weil man die atmoſphäriſche Luft für deſto beſſer, heilſamer hielt, je mehr Sauerſtoffgas ſie enthielt, und *μέτρον* Maß. Eudiometriſche Mittel gibt es ſehr viele, weil jeder Körper als ſolches benutzt werden kann, welcher aus einem Gasgemenge den darin enthaltenen Sauerſtoff mit ſich zu feſter oder tropfbar flüſſiger Geſtalt verbinden und durch die ſo bewirkte Raumverminderung des Gasgemenges, die vorher in ihm enthaltene Quantität Sauerſtoff meßbar beſtimmen kann. Bei dem Voltaſchen Eudiometer iſt Waſſerſtoffgas das eudiometriſche Mittel. Daſſelbe beſteht in einer Verpuffungsröhre; dieſe iſt eine ſtarke Glasröhre, welche am obern Ende mit einem metallenen Knopfe verſchloſſen iſt, gegen welchen bei Anſtellung des Verſuches ein Drath im Innern der Röhre genähert wird, ſo daß Kugel und Drath nicht weit von einander abſtehen und ein elektriſcher Funke zwiſchen beiden überſpringen kann. Eine andere Einrichtung der Verpuffungsröhre iſt ähnlich der elektriſchen Piſtole (ſ. d. Art. Piſtole, elektriſche). Die bequemſte Einrichtung der Verpuffungsröhre und die Art ihrer Herſtellung beſchreibt Gmelin wie folgt: Es ſind zwei im Innern ſich berührende Platindrähte in dem obern Theile der übrigens zugeſchmolzenen Verpuffungsröhre luftdicht befeſtigt, und indem man mit dem Zeigefinger der einen Hand, welche die Röhre hält, das äußere Ende des einen Drahtes berührt, nähert man mit der andern einen elektriſchen Körper dem äußern Theile des andern Drahtes. Dieſe Platindrähte ſind entweder mit Siegellack in Löchern der Verpuffungsröhre befeſtigt, oder beſſer eingeſchmolzen. Letzteres geſchieht folgendermaßen. Man richtet auf einen 0,5 Zoll vom Ende der Röhre entfernten Punkt die Spitze der Löthrohrflamme, während ein Anderer in die Röhre bläßt, und dadurch den erweichten Theil des Glaſes zu einem Knopfe auftreibt, welcher bei weiterem Blaſen platzt oder mittels eines Glasſtäb=

chens in eine Spitze ausgezogen werden kann, welche man abbricht. In dieſe Oeffnung legt man ein kleines Stück vom feinſten im Handel vorkommenden Platindrahte, ſo daß dieſes zur Hälfte aus der Oeffnung herausragt. Dann ſchmelzt man ſie vor der Glaslampe zu und befördert durch oft wiederholtes in die Höhe Blaſen dieſer Stelle und nachheriges Einſchmelzen die gleiche Vertheilung des Glaſes um den Draht herum, ohne welche beim Erkalten Riſſe entſtehen würden. Auf dieſelbe Weiſe ſchmelzt man entweder von der dem Drahte (in gleicher Höhe der Röhre) entgegengeſetzten Stelle einen zweiten Draht ein, ſo daß beide Drähte eine grade Linie mit einander machen; oder im obern Ende, ſo daß beide Drähte einen rechten Winkel mit einander bilden. Während dieſes Schmelzens hat man beiden Drähten die gehörige Richtung und Entfernung zu ertheilen. Endlich kann der äußere Theil derſelben abgebrochen werden. Das zu prüfende genau gemeſſene Gasgemenge wird mit Waſſerſtoffgas gemengt, welches man in ſo großer Quantität hinzugefügt, daß es das muthmaßliche Sauerſtoffgas mehr als zweimal übertrifft. Hierauf mißt man das Totalvolumen des Gasgemenges und läßt in der Verpuffungsröhre, in welche es gebracht worden, einen elektriſchen Funken zwiſchen den Drathenden überſchlagen; ſogleich werden ſich je zwei Maß Waſſerſtoffgas und ein Maß Sauerſtoffgas mit Waſſer verbinden und es beträgt alſo das in dem Gasgemenge enthaltene Sauerſtoffgas $\frac{1}{3}$ der nach dem Verſuche beobachteten Verminderung des Volumens. Damit die Verbindung des Waſſerſtoffgaſes und Sauerſtoffgaſes vollſtändig vor ſich gehe, darf die Röhre nicht zu eng ſei und damit ſie bei dem Verſuche nicht platze, darf ihre Wand nicht zu ſchwach ſein. Bei einer zu großen Weite der Röhre wird aber die genaue Meſſung nicht wohl möglich und man muß ſich dann noch *einer zweiten* graduirten Meßröhre bedienen, wodurch der Verſuch wegen *des zweimaligen* Umfüllens des Gaſes unſicher wird. Am beſten bedient man ſich einer Röhre von $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmeſſer, welche zugleich zum Meſſen und zum Verpuffen dienen kann. Bei einer zu geringen Menge Sauerſtoffgas findet keine oder eine unvollſtändige Verpuffung ſtatt; in dieſem Falle ſetzt man daher noch eine Quantität Sauerſtoffgaſes zu, und bringt dieſe nach dem Verſuche in Abrechnung. Die Abſperrung der Gaſe geſchieht beſſer durch Queckſilber als durch Waſſer und das anzuwendende Waſſerſtoffgas darf nicht durch Sauerſtoffgas verunreinigt ſein.*)

---

*) Gmelin bemerkt in dieſer Beziehung: Das anzuwendende Waſſerſtoffgas muß frei von Sauerſtoffgas ſein, weil man ſonſt zu viel Sauerſtoffgas finden würde. Man bringt daher in ein kleines Fläſchchen ein Zinkſtück, füllt es faſt ganz mit ausgekochtem Waſſer, dann noch vollends mit Schwefelſäure, vereinigt es unter Waſſer mit der zuvor mit Waſſer gefüllten Gasentwickelungsröhre und leitet das ſo nach dem Austreiben des Waſſers aus dem letztern hervortretende Gas unmittelbar zu dem zu prüfenden Gasgemenge. Auch kann man ſolchem Waſſerſtoffgaſe, welches Sauer-

Bei dem Döbereinerſchen Eudiometer wird die Verbindung des Waſſerſtoffgaſes mit dem Sauerſtoffgaſe durch Platinſalmiak eingeleitet. Zu dem Zwecke formt man kleine Kugeln aus Platinſalmiak und etwas Pfeifenthon, und glüht ſie aus. Sie müſſen vor jedem Verſuche ſchwach geglüht werden. Statt dieſer Kügelchen kann man ſich auch des Platinſchwammes bedienen. Die Waſſerbildung aus Sauerſtoffgas und Waſſerſtoffgas wird theils mit theils ohne Feuererſcheinung bewirkt, auch noch dann, wenn Sauerſtoffgas nur in ſehr geringer Quantität vorhanden iſt. Beim Bertholetḥſchen oder Achardſchen Eudiometer iſt langſam verbrennender Phosphor, beim Reboulſchen raſcher brennender Phosphor, beim Scheeleſchen eine wäſſrige Schwefelkalilöſung, beim Davyſchen mit Salpetergas geſchwängerte Eiſenvitriollöſung die eudiometriſche Subſtanz. Bei dieſen Apparaten iſt die verſchwundene Subſtanz nur Sauerſtoff, daher man das Gasgemenge nur vor und nach dem Verſuche in genau kalibrirten und mit einer Skale verſehenen Röhren

---

ſtoffgas enthält, daſſelbe über Queckſilber durch Platinſchwamm entziehen, welcher es bei längerem Einwirken in Waſſer verwandelt. Waſſerſtoffgas, welches Kohlenſtoff enthält, bewirkt, daß die Sauerſtoffgasmenge zu geringe gefunden wird, weil ein Theil des Sauerſtoffgaſes als kohlenſaures Gas dem nach dem Verpuffen übrigen Gaſe beigemiſcht bleibt. Daher wird das aus Zink erhaltene Waſſerſtoffgas dem aus Eiſen dargeſtellten vorgezogen; auch bleibt das Kohlige ganz oder größtentheils unverbrannt, wenn das Waſſerſtoffgas in einigem Ueberſchuß zugeſetzt wird, ſo daß auf 1 Maß Sauerſtoffgas gegen 3 Maß Waſſerſtoffgas kommen. — Am beſten iſt es, die Verpuffung über Queckſilber vorzunehmen; verfährt man über Waſſer, ſo iſt Irrthum möglich. Denn man darf ſich nicht des ausgekochten Waſſers bedienen, welches einen Theil des Gasgemenges abſorbiren und dadurch bewirken würde, daß man zu viel Sauerſtoffgas fände. Verpufft man über lufthaltigem Waſſer in einer verſchloſſenen Röhre, ſo wird im erſten Augenblicke der Exploſion zwar ein geringer Theil des Gasgemenges in das Waſſer gedrückt; bei der darauf folgenden Abkühlung dagegen entwickeln ſich, weil das übrige Gas bedeutend verdünnt iſt, viele Luftblaſen aus dem Waſſer, um den entſtandenen leeren Raum auszufüllen, ehe man Zeit hat, die Röhre unten zu öffnen, und man wird zu wenig Sauerſtoffgas finden. Beim Verpuffen in einer unten offenen Röhre mag ſich das zuerſt hineingepreßte und dann wieder heraustretende Gas der Menge nach eher das Gleichgewicht halten, und dieſes Verfahren iſt vorzuziehen, nur darf das Gasgemenge keinen zu großen Raum in der Röhre einnehmen, damit es bei der Verpuffung nicht zum Theil heraustrete. Manche ziehen es vor, die Röhre unten mit einem ſich nach innen öffnenden Ventile zu verſehen, ſo daß im Augenblicke der Verpuffung kein Waſſer heraustreten, aber bei der folgenden Abkühlung Waſſer hineintreten kann, um den leer gewordenen Raum zu füllen. Hier kann jedoch im Momente der Exploſion Gas ins Waſſer gepreßt werden.

zu meſſen hat, um aus der Differenz die Quantität des im Gemenge enthalten geweſenen Sauerſtoffgaſes zu beſtimmen. Beim Fontana'ſchen Eudiometer iſt das eudiometriſche Mittel Stickoxyd (Salpetergas), welches man ſo lange zu dem beſtimmten Gemenge zutreten läßt, als ſich noch Raumverminderung und Bildung von rothen Dämpfen zeigt. Es entſteht ſalpetrichte und Salpeterſäure, welche vom Waſſer abſorbirt wird. Dieß Inſtrument iſt das unſicherſte, weil der Sauerſtoffgehalt $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{3}$ der verſchwundenen Gasmenge betragen kann.

Schall heißt im Allgemeinen alles, was gehört wird, doch erhalten die verſchiedenen Arten des Schalls wieder beſondere Namen, deren Bedeutung allgemein bekannt iſt. So unterſcheidet man Knall, Getöſe, Gedröhn, Gebrauſe, Geräuſch, Geziſch, Gekrach u. ſ. w. Dieſe Worte ſind meiſt onomatopöetiſch, d. h. ahmen in ihrer Ausſprache die Art des Schalls nach, welche ſie bezeichnen. Unter Ton verſteht man einen eigens modificirten Schall (ſ. d. Folg.) braucht aber Töne häufig für die Mehrzahl von Schall, welche nicht gebräuchlich iſt. Eine andere als die hier gegebene iſt die wiſſenſchaftlich-phyſikaliſche Erklärung des Schalles. Es wird nämlich in der Phyſik nachgewieſen, daß der Schall eine eigenthümliche in der wägbaren Materie erzeugte Bewegung iſt.*)

Wenn man einen Schall vernimmt und zugleich die Urſache beobachtet, welche ihn hervorbringt, ſo bemerkt man, daß die Urſache aufgehört hat in Thätigkeit zu ſein, ehe der Schall unſer Ohr trifft. So erblickt man bei Abfeuerung eines Gewehres das Feuer ehe man den Schuß hört, ſobald man ſich nur in einer Entfernung von 40 oder 50 Schritten befindet; bei einer geringern Entfernung ſcheinen Licht und Schall, Auge und Ohr zugleich zu treffen, und in dem Maße, in welchem die Entfernung zunimmt, wird die Zeit, welche zwiſchen der Erſcheinung des Lichts und der Wahrnehmung des Schalls vergeht, immer merklicher. Auf ähnliche Weiſe hängen Blitz und Donner zuſammen. Der Blitz erſcheint ehe der Donner ſich hören läßt, und die Zeit, welche zwiſchen beiden Erſcheinungen vergeht, gibt ein Maß für die Entfernung des Gewitters. Aehnliche Erfahrungen wird man in jedem Falle machen können, wo man den Augenblick der Entſtehung eines wahrgenommenen Schalles kennt. Man kann annehmen, daß mehre Beobachter, welche auf einer geraden Linie, einer 100 Schritt hinter dem andern, ſich befinden, einen Schall nicht in demſelben Augenblicke hören werden, welcher an dem Ende der einen Linie an den Füßen des Beobachters erzeugt wird. Dieſer wird den Schall eher als alle übrigen vernehmen können, der zweite Beobachter eher als der dritte, der dritte eher als der vierte u. ſ. f.; aber was das wichtigſte iſt, in dem Augenblicke, wo der dritte Beobachter z. B. den Schall vernimmt, werden ihn der erſte und zweite nicht mehr, und der vierte

*) Dieſer Art. iſt größtentheils nach der in Pouillet Physique exper. enthaltenen Abhandlung über den Schall bearbeitet.

und fünfte **noch nicht** hören. Hieraus folgt, daß ein plötzlicher und augenblicklicher Schall wie von einem Schlage oder einer Explosion nach und nach von einem Orte zum andern übergeht, daß er ſtets nur an Einem Orte auf einmal gehört wird, und daß er mithin eine eigenthümliche Bewegung iſt, von welcher unſer Ohr getroffen wird. Die Frage, ob dieſe Bewegung in einem eigenthümlichen Fluidum von größerer Feinheit und Elaſticität als die Luft oder in dieſer ſelbſt ſich fortpflanzt, wird durch den Verſuch entſchieden, welchen man mit einer Glocke unter dem Recipienten der Luftpumpe vornimmt (ſ. d. Art. **Luftpumpe.**) Iſt dieſer bis zu einem gewiſſen Grade luftleer gemacht, ſo hört man den Schall der Glocke im Recipienten nicht mehr, ein Beweiß, das Luft von der gewöhnlichen Dichte beſſer im Stande iſt, den Schall fortzupflanzen, als verdünnte und daß mit dem Aufhören der wägbaren Materie auch der Schall aufhört vernehmbar zu ſein.

In dem Maß, in welchem man ſich in die Atmoſphäre erhebt, verliert der Schall aus einer doppelten Urſache an Intenſität 1) wegen der zunehmenden Entfernung und 2) weil die Luft deſto dünner wird, je höher wir uns in die Atmoſphäre erheben. Das heftigſte Toſen auf der Erde kann die Grenzen der Atmoſphäre nicht überſteigen, und eben ſo wenig kann von einem andern Geſtirn durch den leeren Weltraum ein Schall bis auf unſere Erde gelangen. Die Abnahme des Schalls mit der Erhebung in die Atmoſphäre und alſo mit dem Dünnerwerden der Luft iſt durch Verſuche beſtätigt. Nach **Sauſſure** klingt auf der Spitze des Montblanc ein Piſtolenſchuß ſchwächer, als ein in der Ebene losgebrannter Schwärmer und **Gay-Luſſac** bemerkte, daß in der Höhe, welche er im Luftballon erreicht hatte, ſeine Stimme ſchwach geworden war.

Die Luft iſt aber nicht der einzige Körper, welcher den Schall fortzupflanzen vermag; dieß geſchieht durch alle elaſtiſchen Flüſſigkeiten. Man hört Glocken in Gefäßen, welche mit verſchiedenen Gaſen oder Dämpfen angefüllt ſind. Das Waſſer pflanzt den Schall ſehr gut fort, die Taucher können hören, was man an dem Ufer ſpricht, und am Ufer hört man das Geräuſch der Steine, welche unter dem Waſſer in großen Tiefen angeſchlagen werden. Die feſten Körper können den Schall nicht nur erzeugen, ſondern ihn auch in jeder Richtung fortpflanzen. Der Beweiß liegt ſchon darin, daß man eine in einem luftdicht verſchloſſenem Gefäß angeſchlagene Glocke hört, denn der Schall muß hier offenbar durch die ganze Dicke der Wände dringen. Wenn ein Beobachter das Ohr dem einen Ende eines tannenen Balkens nähert, welcher 20 bis 25 Meter lang iſt, ſo wird er das Geräuſch hören, welches man erzeugt, indem man mit dem Barth einer Feder leicht über die Enden der Holzfaſern am andern Ende des Balkens hinfährt, und doch iſt dieſes Geräuſch in der Luft ſo ſchwach, daß es diejenigen, welche es hervorbringen, kaum vernehmen. Auf dieſelbe Weiſe kann noch ein kleineres Geräuſch ſich fortpflanzen, denn man braucht nur ſehr leiſe, aber direkt gegen das Ende der Faſern zu ſprechen; ſo durchläuft das Geräuſch ſchnell die ganze Länge des Balkens, und das am andern Ende horchende Ohr

vernimmt die Stimme. Dieſe lange feſte Maſſe kann gewiſſermaßen die Stelle eines Sprachrohrs vertreten.

Die Bewegung, welche der Schall hervorbringt, iſt ſtets eine Schwingungsbewegung. Die meiſten tönenden Körper machen während der Zeit, in welcher ſie tönen, merkliche Schwingungen; beſonders auffallend iſt dieſe Erſcheinung an den Saiten der Violine, der Harfe, der Guitarre und ähnlicher Inſtrumente. Dieſe Schwingungen ſind allerdings zu ſchnell, als daß man ſie zählen könnte, aber das Ohr bemerkt ſie. Man hält die Grenzen feſt, bis zu welchen die Saite ausweicht und man glaubt ſie zu gleicher Zeit in allen mittleren Stellungen zu erblicken, ungefähr wie man einen Feuerkreis ſieht, wenn man eine glühende Kohle mit hinlänglicher Geſchwindigkeit umſchwingt. Iſt z. B. CC′ (Fig. 136.) die urſprüngliche Lage der Saite, CLC′ die Lage, welche man ihr gibt, indem man ſie mit dem Finger anſpannt, ſo geht ſie losgelaſſen nach CL′C′, kehrt nach CLC′ zurück und vollendet ſo viele tauſend Schwingungen, welche immer kleiner werden und nach einigen Augenblicken von ſelbſt aufhören. Der Ton hört mit der Bewegung auf, und fängt mit ihr wieder an. Dieſe Schwingungen oder Oscillationen werden in der Akuſtik Vibrationen genannt. Bei den Glocken ſind dieſe Vibrationen weniger in die Augen fallend, aber ſie exiſtiren doch wie in den Saiten. Um ſich hiervon zu überzeugen, nehme man eine große Glasglocke und hänge in dieſelbe eine kleine Metallkugel, ſchlägt man ſie an daß ſie tönt, und neigt ſie darauf ſo, daß die Kugel die Wand berührt, ſo ſpringt dieſelbe ſchnell zurück und man hört die wiederholten Schläge, welche ſie zurückfallend durch ihr Gewicht erzeugt. Man darf endlich nur mit dem Finger irgend einen tönenden Körper leicht berühren, um in allen Theilen deſſelben ein Zittern wahrzunehmen, welches fortwährend die Erzeugung des Tones begleitet, aber wenn man an einem einzigen Punkte einen etwas ſtarken Druck ausübt, ſo wird die Bewegung in der ganzen Maſſe aufgehalten, und der Ton hört auf. Es gibt Inſtrumente, wie die Flöte und die Pfeiffe, welche von dem allgemeinen Principe, welches wir ausgeſprochen haben, eine Ausnahme zu machen ſcheinen. Denn an dieſen tönenden Körpern ſcheint nichts zu vibriren, aber wir werden bald ſehen, daß, wenn auch die feſten Theile dieſer Inſtrumente nur in unmerklichen Vibrationen begriffen ſind, doch in ihnen es eine vibrirende Materie gibt, und dieſe iſt die Luft, welche ſie enthalten.

Jede Vibration des tönenden Körpers erregt in der Luft eine Undulation (Wellenbewegung) von einer beſtimmten Länge. Nehmen wir eine horizontale Röhre TT′ (Fig. 137.) an, welche z. B. 10,000 F. Länge und einen F. Durchmeſſer hat; die Luft ſei überall von derſelben Temperatur und ſtehe unter demſelben Drucke; ein Kolben PP′ welcher wohl an die Wände anſchließt, kann in einer Secunde zwiſchen den beiden Stellungen PP′ und SS′ welche einen Fuß von einander entfernt ſind, eine Oscillation vollenden; übrigens iſt nichts beſtimmt über die zunehmenden oder abnehmenden Geſchwindigkeiten, welche er in dieſen Zwiſchenräumen wird annehmen können. Iſt alles in Ruhe, ſo geht der Kolben von PP′, um in SS′ anzukommen. Während dieſer

Bewegung wird die Luft der Röhre auf eine gewiſſe Weiſe modificirt, und um die Modificationen, welche ſie erfährt, beſſer zu ſtudiren, halten wir genau den Augenblick feſt, wo der Kolben in SS′ ankommt und nehmen an, daß alle Lufttheilchen in dem Zuſtande verharren, in dem ſie ſich alsdann befinden, oder beſſer: wir nehmen an, daß diejenigen welche zuſammengedrückt ſind, ſich nicht wieder ausdehnen können, daß die auseinander gedrängten ſich nicht wieder nähern, und daß die ruhenden im Zuſtande der Ruhe bleiben. Wenn ſich die Luftſäule wie ein feſter vollkommen harter Körper verhielte, ſo würde offenbar, wenn das eine Ende derſelben durch den Kolben geſtoßen würde, das andere Ende in demſelben Augenblicke und um dieſelbe Größe aus dem andern Ende der Röhre heraustreten. Aber es gibt keinen vollkommen harten Körper, die Luft iſt ſehr flüſſig und ſehr zuſammendrückbar, und wenn der Kolben das eine Ende der Säule vor ſich herſtößt, ſo kann das andere nicht in demſelben Augenblicke gehorchen. Es iſt eine gewiſſe Zeit erforderlich, damit der Druck ſich bis zu ihm fortpflanze und bei der angenommenen Länge der Röhre können wir behaupten, daß durch das offene Ende T′ kein Lufttheilchen ausgetreten iſt, während der Kolben von PP′ nach SS′ gegangen iſt. Die Luft in der Röhre rechts vom Kolben iſt alſo zuſammengedrückt worden, weil ſie einen Fuß Länge weniger als vorher einnimmt. Noch mehr, es iſt klar, daß ſie nicht gleichmäßig in der ganzen Ausdehnung der Röhre zuſammengedrückt worden iſt, denn während der Dauer einer Secunde, welche der Kolben gebraucht hat, um von PP′ nach SS′ zu gelangen, hat ſich die Zuſammendrückung nur einer gewiſſen Entfernung z. B. AA′ mittheilen und in ihr merklich machen können. Dieſer Theil der Luftſäule, welcher während der Bewegung des Kolbens hat modificirt werden können, iſt es, welchen man eine Welle oder eine Undulation nennt, und die Länge der Welle iſt der Abſtand ihrer beiden Enden SS′ und AA′. Unterſuchen wir jetzt, wie die Luft in den verſchiedenen Theilen der Welle modificirt iſt, und nehmen wir zu dieſem Zwecke dem Kolben parallele Ebenen an, welche die Luftſäule in kleine Abſchnitte theilen, wie abcd, cdef u. ſ. w., alle von derſelben Dicke, ſo iſt wahrſcheinlich, daß in jedem dieſer kleinen Abſchnitte alle Lufttheilchen von der Achſe bis zum Umfange der Röhre dieſelben Modificationen erleiden, denn bei einer jeden von ihnen verhält ſich alles auf dieſelbe Weiſe. Um alſo zu wiſſen, was mit der ganzen Luftmaſſe, aus welcher die Welle beſteht, vorgegangen iſt, genügt es zu erkennen, was mit einem Lufttheilchen (Molécules) in jedem Abſchnitte vorgegangen iſt. Da nun die Luft, welche den Raum von PP′ bis AA′ einnahm, im Ganzen zuſammengedrückt und auf den Raum SS′AA′ beſchränkt worden iſt, ſo müſſen in jedem Abſchnitte die Lufttheilchen zwei Wirkungen erfahren haben: erſtens zuſammengedrückt worden ſein, zweitens eine gewiſſe impulſive (treibende) Geſchwindigkeit erhalten haben, d. h. eine Geſchwindigkeit, welche ſie vom Mittelpunkte der Erſchütterung oder des ſie ſtoßenden Kolben entfernt hat. Offenbar können in der ganzen Länge der Welle die verſchiedenen Abſchnitte nicht in demſelben Zuſtande ſein. Der letzte Abſchnitt z. B.

welcher AA′ berührt, kann nur eine ſehr geringe Geſchwindigkeit und eine ſehr geringe Zuſammendrückung erfahren haben, weil die Bewegung hier nur eben noch ankommt; der erſte Abſchnitt, welcher SS′ berührt, iſt ſchon zur Ruhe gekommen, weil wir die Erſcheinungen für den Augenblick betrachten, wo der Kolben aufhört ſich zu bewegen; und wie dieſer Abſchnitt keine Geſchwindigkeit mehr hat, hat er gleichermaßen auch keine Zuſammendrückung mehr, alles was er hatte, hat er ſchon abgegeben. Dagegen haben die Abſchnitte in der Mitte der Welle zugleich die ſtärkſte Zuſammendrückung und die größte Geſchwindigkeit. Es gibt alſo eine gewiſſe Ordnung in den verſchiedenen Modificationen der verſchiedenen Abſchnitte, ſowohl in Bezug auf die Geſchwindigkeit der Lufttheilchen, als auf ihre Zuſammendrückung. Dieſe Ordnung hängt ab von der Ordnung der zunehmenden und abnehmenden Geſchwindigkeiten, welche der Kolben vom Gange PP′ nach SS′ hat durchlaufen müſſen. Alle Bewegungen, welche eine Welle von ihrem Anfange bis zu ihrem Ende charakteriſiren, kann man durch eine in die Augen fallende Zeichnung entſprechen. Man braucht zu dem Ende nur auf der Linie SA, welche die Länge der Welle bezeichnet, ſenkrechte Linien aufzurichten, deren Höhen dem Grade der Zuſammendrückung der entſprechenden Abſchnitte entſprechen. Die Enden dieſer ſenkrechten Linien werden eine Linie bilden, deren Krümmung genau die Ordnung darſtellen wird, welche die Zuſammendrückungen der auf einander folgenden Abſchnitte befolgen. In S′ wird die Höhe der Senkrechten gleich Null ſein, weil die Zuſammendrückung Null iſt; eben ſo in A; in X wird die Höhe der Senkrechten z. B. XX′ ſein; in Y wird ſie YY′; in M wird ſie MM′ ſein u. ſ. w.; in der Art, daß die Kurve der Zuſammendrückungen SM′A ein Halbkreis ſein könnte. Aber man kann über der *Linie SA* eine Menge von Kurven ziehen, welche immer durch die *Punkte* S und A gehen, wie man in SNA, SN′A ſieht, und ſelbſt wenn eine dieſer Kurven gegeben iſt, kann man dem Kolben bei ſeinem Gange von PP′ nach SS′ immer eine ſolche Bewegung ertheilen, daß er eine Welle erregt, deren aufeinander folgende Zuſammendrückungen durch dieſe Kurve dargeſtellt ſind. Kommen in der Kurve der Zuſammendrückungen mehre Krümmungen vor, wie in SpqrA; ſo nennt man die entſprechende Welle eine gezahnte oder gezackte Welle. Nachdem wir die verſchiedenen Modificationen unterſucht haben, welche der Kolben bei ſeiner Bewegung von PP′ nach SS′ in 1″ der Luftſäule einprägen kann, unterſuchen wir jetzt was in den folgenden Augenblicken geſchehen wird, wenn der Kolben fortwährend in SS′ feſtgehalten wird. Die von SS′ bis AA′ momentan zuſammengedrückte Luft kann in dieſem Zuſtande nicht verbleiben, denn da die Röhre in T′ offen iſt, ſo muß nach einer gewiſſen Zeit ein Theil der Luft ausgetreten, und die ganze Säule zur Ruhe gekommen ſein. Nun wird aber in der Mechanik gezeigt, daß Zuſammendrückung und Geſchwindigkeit ſich auf folgende Weiſe mittheilen: in dem erſten Augenblicke der zweiten Sec. geht die Geſchwindigkeit nach rechts von AA, bemächtigt ſich eines erſten Abſchnittes und zu gleicher Zeit kommt der den Kolben berührende Abſchnitt zur Ruhe; in dem zweiten Augenblicke wird ein

zweiter Abſchnitt rechts von AA′ ergriffen und ein zweiter Abſchnitt von dem Kolben aus kommt zur Ruhe; in dem dritten Augenblicke bemächtigt ſich die Bewegung des dritten Abſchnittes vor AA′, und die Ruhe des dritten Abſchnittes vor dem Kolben u. ſ. f. Auf dieſe Weiſe iſt am Ende der zweiten Sec. die Luft von S bis A in Ruhe und von A bis P in Bewegung; die Länge AB iſt gleich SA, und überdieß ſind die Zuſammendrückungen und Geſchwindigkeiten von A nach B genau dieſelben, wie vorher von S nach A. Auf dieſe Weiſe ſchreitet die Undulation fort; jede folgende Welle hat die Länge und den Charakter der vorhergehenden.

Die ſo eben beſchriebene Welle, in welcher alle Abſchnitte zuſammengedrückt und alle Geſchwindigkeiten impulſiv ſind, heißt eine verdichtete (condenſirte) oder zuweilen eine verdichtetende (codenſirende) Welle; aber man ſieht leicht, daß umgekehrte Erſcheinungen auf der linken Seite des Kolben PP′ während ſeines Ueberganges nach SS′ vor ſich gegangen ſind. Der Luftſäule iſt hier nämlich ein größerer Raum dargeboten worden, der erſte Abſchnitt ſtürzt dem Kolben nach, indem er ſich verdünnt, der zweite Abſchnitt folgt dem erſten und tritt an ſeine Stelle u. ſ. w. u. ſ. w.; und nach der erſten Sec. wenn der Kolben in SS′ ſtehen bleibt, hat ſich die Verdünnung bis a merklich gemacht. Die hieraus ſich ergebende Welle heißt eine verdünnte oder auch verdünnende Welle; ihre Länge iſt genau dieſelbe, wie die der verdichteten Welle, welche vor dem Kolben entſteht. Die Verdünnungen ſind Null in SS′ und aa′, und in allen Abſchnitten ſind die Geſchwindigkeiten apulſiv (abſtoßend, abtreibend), d. h. gegen den Mittelpunkt der Erſchütterung gerichtet. Dieſe verdünnte Welle ſetzt ſich ebenfalls nach und nach in der ganzen Ausdehnung der Luftſäule fort, indem ſie überall dieſelbe Länge und dieſelbe Reihenfolge der Geſchwindigkeiten und der Verdünnungen befolgt.

Dieſe Beobachtungen laſſen uns ſogleich die Principien ſehen, auf denen das Phänomen des Hörens beruht; denn wenn wir uns in irgend welchen Punkten der Röhre einen Durchſchnitt HH′ vorſtellen (Fig. 137.), ſo können wir bemerken, daß er nach und nach alle die Modificationen erfährt, welche die Welle SA ausmachen, weil dieſer Schnitt der Reihe nach der erſte, zweite, dritte... und letzte Abſchnitt dieſer Welle wird. Und ſtellen wir uns in dieſem Schnitte eine ſehr zarte und ſehr elaſtiſche Haut mm′ vor, ſo iſt klar, daß ſie der Reihe nach alle Impulſionen erfahren wird, welche hintereinander den Lufttheilchen ertheilt worden ſind. Genau daſſelbe erfährt nun das Trommelfell, welches den Gang abſchließt, welcher ſich in der äußern Ohrmuſchel öffnet. Man begreift alſo, daß dieſe Membrane, deren Beweglichkeit gleich der der Luft iſt, alle Modificationen der verſchiedenen Durchſchnitte der Tonwelle empfangen und gewiſſermaßen zählen könne.

Wenn der Kolben, nachdem er ſich einen unmerklichen Augenblick lang in SS′ aufgehalten hat, in ſeine urſprüngliche Stellung PP′ zurückkehrt und dabei dieſelben Geſchwindigkeiten rückwärts durchläuft, ſo wird er hinter ſich rechts von SS′ eine verdünnte Welle erzeugen,

ganz gleich derjenigen, welche er während ſeines Hinganges links erregt hatte, und dieſe Welle wird auf die erſte verdichtete Welle ſo folgen, als am Ende der zweiten Sec. die condenſirte Welle zwiſchen A und B, und die verdünnte Welle zwiſchen A und S. Auf der andern Seite dagegen wird die verdünnte Welle zwiſchen a und b und die verdichtete Welle zwiſchen a und S ſein. Nachher werden ein zweiter Hingang und ein zweiter Rückgang des Kolbens noch ähnliche Wellen erregen, welche auf ähnliche Weiſe geordnet ſind, und hinter den erſten herlaufen werden u. ſ. f. Dann wird ein Ohr in irgend einem Theile der Röhre nicht mehr einen vorübergehenden Schall, wie den einer Exploſion vernehmen, ſondern einen fortgeſetzten Schall, der mehr oder weniger tief, mehr oder weniger ſtark und von mehr oder weniger angenehmen Klange iſt. Zwiſchen dem Schalle rechts und dem links wird nur der einzige Unterſchied ſein, daß in dem einen die verdichtete, in dem andern die verdünnte Welle vorausgeht.

Der Unterſchied welcher zwiſchen den tiefen und den hohen Tönen beſteht, iſt für unſer Ohr ſo auffallend, daß er ſicher einer natürlichen in der Luft, welche dieſe Töne trägt, ſtark ausgedrückten Modification entſprechen muß. Wir werden ſpäter durch direkte Beobachtungen nachweiſen, daß der tiefſte Ton, den wir vernehmen können, eine Wellenlänge von 32 Fuß hat, und daß der höchſte muſikaliſche Ton nur eine Wellenlänge von ungefähr 18 Linien beſitzt. Zwiſchen dieſen Grenzen liegt jeder Schall und jede Nüance, welche das menſchliche Ohr unterſcheiden kann, und zwei Wellen von derſelben Länge geben ſtets einen vollkommenen Einklang, welches übrigens auch die Intenſität oder der Klang der Töne, welche ſie tragen, ſein mag. Wellen, welche länger als 32 Fuß oder kürzer als 18 Linien ſind, werden ohne Zweifel das Trommelfell auf ihre Weiſe ebenfalls treffen; aber es entſteht keine merkliche Empfindung mehr; das Gehörorgan iſt für jeden derartigen Schall taub. Ton iſt im engern Sinne das Verhältniß zwiſchen der Höhe und Tiefe, in welchem ein Schall zu dem andern ſteht. Die Intenſität des Schalles kann nicht von der Länge der Wellen abhängen, ſie hängt nur ab von den größern oder geringern Zuſammendrückungen oder von den größern oder geringern Geſchwindigkeiten, welche die Luft von den tönenden Körpern erhalten hat, und welche ſich von Lage zu Lage bis zu unſerm Ohre fortpflanzen. Die Saite einer Baßgeige kann in Einklang ſein mit dem ohrzerreißenden Geräuſche des Tamtam. Die Wellen ſind nämlich von derſelben Länge, aber die durch das Tamtam getroffene Luft macht bei weitem ausgedehntere Schwingungen, und hieraus entſteht die betäubende Intenſität ſeines Schalles. Der Klang des Schalles iſt weit ſchwerer zu charakteriſiren, als der Ton und die Intenſität deſſelben. Die Phyſiker ſind über denſelben nicht einig, aber wahrſcheinlich hängt er ab von der Ordnung, in welcher die Geſchwindigkeiten und die Veränderungen der Dichtigkeit in den verſchiedenen Luftabſchnitten zwiſchen den beiden Enden einer Welle aufeinander folgen. Man hat ſogar angenommen, daß die artikulirten Töne der Stimme von den unartikulirten Tönen ſich unterſcheiden, ſo,

daß bei jenen die Wellen immer **gezahnt** oder gezackt ſind, welches bei dieſen niemals der Fall iſt.

Jeder Schall, welches auch ſein Ton, ſein Klang oder ſeine Intenſität ſein mag, pflanzt ſich in der Luft mit derſelben Geſchwindigkeit fort. Wenn mehre Beobachter aus verſchiedenen Entfernungen ein Concert hören, ſo vernehmen alle denſelben Takt und dieſelbe Harmonie; alle Töne alſo folgen, indem ſie ſich fortpflanzen, in derſelben Reihe und in demſelben Zwiſchenräumen aufeinander, woraus nothwendig folgt, daß ſie mit derſelben Geſchwindigkeit fortſchreiten; denn, wenn die tiefen Töne z. B. den hohen voraus eilten, ſo würde der Takt bald zerſtört ſein und das, was bei 10 Schritt Entfernung Harmonie wäre, würde bei 100 Schritt ein unerträglicher Mißklang ſein.

Man hat an verſchiedenen Orten der Erde zahlreiche Verſuche angeſtellt, um die Geſchwindigkeit des Schalls genau zu beſtimmen. Namentlich wurden in Frankreich Verſuche angeſtellt von Merſennes, von Caſſini und Huyghens, von Mitgliedern der Akademie (1738) und vom Längenbureau (1822); in England von Walker (1698) von Flamſteed und Halley, und von Derham (1704); in Italien von der Academia del Cimento (1660) und von Blanconi (1440); in Deutſchland von Mayer (1778), von Müller (1791), von Benzenberg (1809); in den Niederlanden von Moll und Vanbeek (1823); endlich in Amerika von Condamine (1740) und von Eſpinoſa de Bauza (1794). Dieſe Verſuche haben zu ziemlich verſchiedenen Reſultaten geführt. Wir werden nur diejenigen beſchreiben, welche auf den Vorſchlag von Laplace (1822) in der Nähe von Paris durch das Längenbureau angeſtellt worden ſind. Die beiden Stationen welche man gewählt hatte, waren Villejuif und Montlhéry. Zu Villejuif ließ der Kapitain Boscary auf einen erhabenen Punkt einen Sechspfünder mit Stückpatronen von zwei und drei Pfund Pulver aufſtellen. Die Beobachter, welche um das Geſchütz ſtanden, waren Prony, Arago und Matthieu. Zu Montlhéry ließ der Kapitain Pernetty ein Geſchütz von demſelben Kaliber mit Stückpatronen von demſelben Gewichte aufſtellen. Die Beobachter waren Humboldt, Gay-Luſſac und Bouvard. Die Verſuche wurden bei Nacht angeſtellt, und begannen um 11 Uhr Abends den 21. und 22. Juni 1822. Zu Villejuif beobachtete man ſehr genau das Feuer jedes Schuſſes zu Montlhéry und umgekehrt; die Luft war heiter und faſt ruhig. Die Chronometer waren übereinſtimmend geordnet, und man war übereingekommen, daß jede Station 12 Schüſſe, jeden 10 Minuten nach dem andern abfeuern, und daß die Station von Montlhéry 5 Minuten vor der von Villejuif beginnen ſollte, ſo daß ein Beobachter genau in der Mitte der Linie von beiden Kanonen von 5 zu 5 Minuten die abwechſelnden Schläge gehört haben würde; den erſten von Montlhéry, den zweiten von Villejuif, den dritten von Montlhéry u. ſ. w. Dieſe abwechſelnden Schläge waren das einzige Mittel, den Einfluß des Windes auf die Geſchwindigkeit des Schalles kennen zu lernen, oder allgemeiner, um zu entdecken, ob un-

ter den zahlloſen Veränderungen, welche die Atmoſphäre in jedem Augenbicke erleidet, der Schall dieſelbe Zeit braucht, um denſelben Raum in den beiden entgegengeſetzten Richtungen zu durchlaufen. Die Beobachter von Villejuif hörten genau alle Schüſſe von Montlhéry; jeder von ihnen bemerkte auf ſeinem Chronometer die Zeit, welche zwiſchen der Erſcheinung des Lichts und der Ankunft des Schalles verging.

Die Größedifferenz, welche man zwiſchen den 3 Einer Beobachtung entſprechenden Reſultaten findet, iſt nicht größer als $\frac{3}{10}$ oder $\frac{4}{10}$ Sec., und unter den 12 Beobachtungen überſteigt die Differenz der Mittel nicht $\frac{3}{10}$ Sec.; die längſte Zeit iſt 55″, die kürzeſte 54″,7 und die mittlere Zeit 54″,81. Zu Montlhéry konnte man von den 12 Schüſſen zu Villejuif nur 7 hören; und unter dieſen 7 Schüſſen gab es ſogar nur einen, welcher von den drei Beobachtern zugleich gehört wurde. Die Reſultate ſind jedoch ziemlich übereinſtimmend: die längſte Zeit iſt 54″,9, die kürzeſte 53″,9 und die mittlere Zeit 54″,43. Man kann hiernach 54″,6 als die mittlere Zeit annehmen, welche der Schall brauchte, um von einer Station zur andern zu gelangen. Es blieb noch übrig, den Zwiſchenraum zwiſchen beiden Stationen genau zu meſſen. Arago wurde mit dieſer Meſſung beauftragt und fand (durch Meridiantriangulation) den Abſtand beider Kanonen von einander, 9549,6 Toiſes. Dividirt man dieſe Länge mit 54,6, der mittlern Dauer der Fortpflanzung des Schalles, ſo findet man 174,9 Toiſes oder 340,^{m}88 für den Raum, welchen der Schall in der Nacht des 21. Juni 1822 in einer Sec. durchlaufen hat. Die Temperatur war 16° C.; der Barometer zeigte zu Villejuif 756,^{mm}5 und der Sauſſouriſche Hygrometer 78°. Die Geſchwindigkeit des Schalls iſt alſo 340,^{m}88 bei 16° Temperatur. Reducirt man nach der ſpäter anzuzeigenden Rechnung dieſe Geſchwindigkeit auf 10° Temperatur, ſo findet man 337,^{m}28, und für die Temperatur 0 findet man 331,^{m}12.

Es iſt von Wichtigkeit, die Allgemeinen Geſetze der Vibrationen der Saiten und der harmoniſchen Töne, welche ſie erzeugen, kennen zu lernen. Wenn man eine Saite anſchlägt, welche auf irgend ein Inſtrument, wie eine Harfe oder Guitarre geſpannt iſt, ſo ſind die Schwingungen, welche ſie macht, viel zu ſchnell, um die abſolute Zahl dieſer Schwingungen beſtimmen zu können. Man kann jedoch mit hinlänglicher Genauigkeit zwei bemerkenswerthe Erſcheinungen unterſcheiden: erſtens der Ton ſteigt und wird höher, ſobald man die Saite verkürzt oder ihr eine ſtärkere Spannung gibt, und zweitens die Anzahl der Schwingungen nimmt merklich zu. Es findet alſo gewiſſermaßen eine Abhängigkeit zwiſchen dem Tone der Saite, ihrer Länge, ihrer Spannung und der Geſchwindigkeit ihrer Schwingungen Statt; aber dieſe, ſo leicht durch den Verſuch zu beſtätigende Abhängigkeit kann nur mit Hilfe des Calculs beſtimmt werden. Sie iſt dasjenige, was man in der Mechanik das Problem der ſchwingenden Saiten nennt, welches Problem zuerſt von Taylor gelöſt wurde, und welches eine große Berühmtheit erlangte, weil es faſt ein halbes Jahrhundert lang die lebhafteſten Erörterungen zwiſchen den größten Geometern veranlaßte. Johann Bernouilli, d'Alem=

bert, Euler und Daniel Bernouilli hatten viel über dieſen Gegenſtand geſchrieben, als Lagrange 1759 den Ruhm davon trug, alle Schwierigkeiten zu heben, und die Streitigkeiten zu beenden.

Mit Hilfe der Rechnung kommt man zu folgenden Reſultaten:

1) Die Anzahl der Schwingungen einer Saite ſteht im umgekehrten Verhältniß mit ihrer Länge, d. h. wenn irgend eine tönende Saite auf ein Inſtrument geſpannt iſt, z. B. eine Violine, Baß, Guitarre u. ſ. w., und in einer gewiſſen Zeit eine mit 1 bezeichnete Anzahl von Vibrationen macht, vorausgeſetzt, daß ſie in ihrer ganzen Länge ſchwingt, ſo wird ſie in derſelben Zeit Schwingungen machen, deren Anzahlen durch 2, 3, 4.... vorgeſtellt ſind, wenn man, ohne die Spannung zu ändern, nur $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$... ihrer Länge ſchwingen läßt; die Anzahlen der Schwingungen werden durch $\frac{3}{2}$, $\frac{4}{3}$, $\frac{5}{4}$... dargeſtellt ſein, wenn man nur $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{4}{5}$... ihrer Länge ſchwingen läßt. Um hierbei den ſchwingenden Theil zu begrenzen, braucht man nur einen kleinen Steg zu verrücken, und mit dem Finger die Saite leicht an ihn anzudrücken.

2) Die Anzahl der Schwingungen einer Saite verhält ſich wie die Quadratwurzel des Gewichtes, welches ſie ſpannt, d. h. wenn man durch 1 die Anzahl der Schwingungen einer Saite ausdrückt, welche durch ein Gewicht = 1 geſpannt iſt, ſo wird die Anzahl der Schwingungen in derſelben Zeit = 2, 3, 4... wenn, ohne Aenderung der Länge, die Saite durch die Gewichte 4, 9, 16.. (2^2, 3^2, 4^2...) geſpannt wird.

3) Die Anzahl der Schwingungen bei Saiten von derſelben Subſtanz ſteht im umgekehrten Verhältniſſe ihrer Dicke oder ihres Durchmeſſers, d. h. wenn man z. B. zwei Saiten von Kupfer oder Stahl nimmt, wie die eines Klavieres, von denen die eine einen doppelt ſo großen Durchmeſſer als die andere hat, ſie mit gleichem Gewichte ſpannt, und gleiche Längen derſelben ſchwingen läßt, ſo wird die dünnere in derſelben Zeit zweimal ſoviel Schwingungen als die dickere machen. Es iſt wahrſcheinlich, daß zwei Darmſaiten dieſes Geſetz nicht genau befolgen werden, weil man niemals ſicher iſt, daß ſie durchaus aus derſelben Materie beſtehen.

4) Die Anzahl der Schwingungen bei Saiten von verſchiedenen Stoffen verhält ſich umgekehrt wie die Quadratwurzel aus der relativen Dichte, d. h. wenn man z. B. eine Saite von Kupfer nimmt, deren Dichte ungefähr = 9 iſt, und eine Darmſaite, deren Dichte ungefähr = 1 iſt, welche denſelben Durchmeſſer haben und durch dieſelben Gewichte geſpannt ſind, ſo iſt, wenn man gleiche Längen derſelben ſchwingen läßt, die Anzahl der Schwingungen der Kupferſaite dreimal kleiner als die Anzahl der Schwingungen der Darmſaite. Die angegebenen Geſetze finden offenbar nur Anwendung bei Saiten, welche in ihrer Länge und in ihrer Dicke durchaus homogen ſind, und laſſen ſich z. B. keinesweges auf Darmſaiten, die mit Metalldrath überſponnen ſind, anwenden, wie man ſich derſelben bei der Harfe und verſchiedenen Streichinſtrumenten bedient. Das einhüllende Metall iſt hier eine todte Maſſe, welche durch die Elaſtici=

tät der Saiten mit in Bewegung geſetzt werden muß, und folglich die Dauer der Schwingungen vermehrt.

Sind dieſe Principe einmal angenommen, ſo iſt es ſehr leicht die Töne durch Zahlen darzuſtellen. Man bedient ſich hierzu eines Inſtrumentes, welches reine Töne gibt, und welches eine genaue Meſſung der Saitenlänge zuläßt. Dieſes Inſtrument wird Monochord (d. h. Einſait) oder Sonometer (Schallmeſſer) genannt. Daſſelbe kann verſchiedene Geſtalten erhalten, von denen eine in Fig. 138. dargeſtellt iſt. Es trägt eine Darmſaite und eine Metallſaite, um zu zeigen, daß für die eine, wie für die andere die Wirkungen dieſelben ſind. Die Saite iſt an einem Hacken oder Zapfen C befeſtigt, geht über die feſten Stege F und F′, über eine bewegliche Rolle M und endet an einem andern Hacken C′, an welchem man das Gewicht P anhängt. Der bewegliche Steg HH′ kann unter der Saite hingehen, ohne ſie zu berühren; man ſtellt ihn, wohin man will und drückt, um die Länge der Saite zu verkürzen, dieſe mit dem Finger auf die Kante T dieſes Steges. Der Kaſten SS′ dient zur Verſtärkung des Schalles (ſ. d. Art. Reſonanz). Geſetzt nun, die Saite ſei hinlänglich belaſtet, um einen reinen und vollen Ton zu geben, wenn ſie ohne Anwendung des Steges HH′ ſchwingt. Man nehme den von ihr angegebenen Ton als Ausgangspunkt oder als C an, und verrücke den Steg nach und nach ſo, daß man die übrigen Noten der Tonleiter DEFGAHc erhält. Nimmt man die Länge der ganzen Saite = 1 an, ſo wird man für die übrigen Noten folgende Längen finden.

Namen der Töne	C	D	E	F	G	A	H	c
Längen der Saite	1	$\frac{8}{9}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{8}{15}$	$\frac{1}{2}$

Da aber die Anzahl der Schwingungen der Saite im umgekehrten Verhältniß ihrer Länge iſt, ſo wird man, wenn man die Anzahl der Schwingungen, welche C gibt, 1 annimmt, erhalten

Namen der Töne	C	D	E	F	G	A	H	c
Anzahl der Schwingungen	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2

Bekanntlich heißt das Intervall zwiſchen C und D eine Sec., zwiſchen C und E eine Terz, zwiſchen C und F eine Quarte, zwiſchen C und G eine Quinte, zwiſchen C und A eine Sexte, zwiſchen C und H eine Septime, zwiſchen C und c eine Octave u. ſ. w. Wenn alſo zwei Töne eine Octave bilden, ſo iſt die Anzahl der Schwingungen des höheren doppelt ſo groß, als die Anzahl der Schwingungen des niederen. Für die Tertie macht der höhere 5 und der tiefere 4 Schwingungen, für die Quarte der höhere 4 und der tiefere 3, für die Quinte der höhere 3 und der tiefere 2 u. ſ. w. Dieſe Verhältniſſe ſind unveränderlich, das Ohr erträgt dabei keine Verfälſchung; d. h. es iſt nöthig, wenn zwei Töne in der Octave ſtehen ſollen, daß die Anzahl der Schwingungen des höhern dividirt durch die Anzahl der Schwingungen des tiefern = 2 ſei; daß man eben ſo für die Quinte $\frac{3}{2}$ erhalte u. ſ. f. Da alſo die Anzahl der Schwingungen des D $\frac{9}{8}$ iſt, ſo wird ſeine hohe Octave $\frac{9}{8} \times 2 = \frac{9}{4}$ und ſeine tiefe Octave $\frac{9}{8} : 2 = \frac{9}{16}$ ſein; ſeine

Tertie wird ſein $\frac{9}{8} \times \frac{5}{4} = \frac{45}{32}$; ſeine Quinte $\frac{8}{9} \times \frac{3}{2} = \frac{24}{18}$. D und G bilden eine Quarte, weil das Verhältniß des G zum D $\frac{3}{2} : \frac{9}{8} = \frac{3}{2} \times \frac{8}{9} = \frac{4}{3}$ welches das Verhältniß der Quarte iſt; währen D und A keine Quinte bilden, weil ſich A : D verhält, wie $\frac{5}{3} : \frac{9}{8} = \frac{5}{3} \times \frac{8}{9} = \frac{40}{27}$, welches nicht $\frac{3}{2}$ gibt, wie für die Quinte nöthig wäre. Hiernach kann man leicht ſo viel Octaven ſchreiben als man will über und unter die vorhergehende Octave, weil man nur alle Zahlen dieſer durch 2, durch $2^2 = 4$, durch $2^3 = 8$ u. ſ. w. zu multipliciren braucht, um hintereinander die erſte, zweite, dritte Octave darüber, und nur mit $\frac{1}{2}$, mit $(\frac{1}{2})^2 = \frac{1}{4}$, mit $(\frac{1}{2})^3 = \frac{1}{8}$ u. ſ. f. zu multipliciren braucht, um die erſte, zweite, dritte Octave darunter zu erhalten u. ſ. w. Dieſe Töne ſind nicht die einzigen, deren man ſich in der Muſik bedient; man bedient ſich auch noch der gekreuzten und mit b bezeichneten Töne, aber mit Hilfe des Monochords kann man ſich leicht überzeugen, daß einen Ton mit einem Kreuz verſehen, nichts anderes heißt, als die Anzahl ſeiner Schwingungen mit $\frac{25}{24}$ und ihn mit b bezeichnen, ihn mit $\frac{24}{25}$ multipliciren heißt; während alſo C z. B. 24 Schwingungen macht, macht C mit einem Kreuze deren 25, und während H 25 Schwingungen macht, macht H mit einem b deren nur 24. Wenn zwei Töne ſo dem Einklange ſich nähern, daß der eine 80 Schwingungen macht, während der andere 81 macht, ſo daß ihr Intervall oder ihr Verhältniß $\frac{80}{81}$ iſt, ſo ſagt man, daß ſie nur um ein Komma differiren. Ein geübtes Ohr kann dieſe Differenz noch ſehr wohl unterſcheiden. Wenn man zugleich zwei Töne erſchallen läßt, welche die Octave, oder die Terze, oder die Quinte bilden, ſo geben ſie eine Conſonanz (Zuſammenklang) oder einen Accord; wogegen die Secunde oder die Septime eine Diſſonanz (Mißklang) geben. Die harmoniſchen Töne ſind diejenigen, welche die Reihe der natürlichen Zahlen 1, 2, 3, 4, 5 u. ſ. w. befolgen; der zweite iſt die Octave des erſten, der dritte iſt die Duodecime deſſelben oder die doppelte Quinte, der vierte die doppelte Octave, der fünfte die dreifache Terzen u. ſ. w. So bilden ſie niemals Diſſonanzen. Ohne Zweifel heißen ſie aus dem angegebenen Grunde ſeit langer Zeit harmoniſche Töne; aber eine merkwürdige Erſcheinung iſt die gleichzeitige Exiſtenz aller dieſer Töne in den Schwingungen einer einzigen Saite. Wenn man z. B. eine Saite einer Violine oder eines Violoncelle mit dem Bogen in Bewegung ſetzt, ſo hört man nicht allein den Grundton dieſer Saite, den, welchen ſie gibt, wenn ſie in ihrer ganzen Länge ſchwingt, ſondern man hört noch den Ton 3 oder die Duodecime uud den Ton 5, oder die dreifache Terze. Einige behaupten, daß man ſogar den Ton 6 oder die Duodeviceſime noch zu unterſcheiden vermöge. Dieſe Erſcheinung findet in folgendem von Sauveur herrührenden Verſuche ihre Erklärung. Man ſtellt den beweglichen Steg unter die Mitte der Saite des Monochords und berührt mit dem Finger ſehr leicht dieſen Punkt, während man den Bogen in der Nähe des feſten Steges hinführt, um die eine Hälfte der Saite zu erſchüttern. Dieſe Hälfte erbebt auch in der That, aber die andere Hälfte tritt ebenfalls in ſehr merkliche Schwingungen, und um ſich hiervon zu überzeugen, braucht man nur an verſchiedenen Punkten gegen die Mitte

derſelben kleine Papierreiter aufzuſetzen; ſie werden abgeworfen. Die Geſtalt welche dann die Saite annimmt, iſt in Fig. 139. dargeſtellt. Man kann hierauf den beweglichen Steg an das Ende des erſten Drittels der Saite ſtellen, und wenn man dieſes in angegebener Weiſe mit dem Bogen erſchüttert, ſo beginnen augenblicklich die beiden andern Drittel zu ſchwingen, aber jedes von ihnen ſchwingt für ſich zu beiden Seiten des Punktes n, welcher, obgleich ganz frei, doch unbewegt bleibt (Fig. 140.). Um ſich zu überzeugen, ſetze man Papierreiter in v, n und v', ſo werden die in v und v' ſpringen und bald herabfallen, während der in n unbewegt ſitzen bleibt. Der Punkt n heißt ein Schwingungsknoten und bei v und v' finden Bäuche ſtatt. Aehnliche Erſcheinungen finden noch ſtatt, wenn man den Steg an das Ende des erſten Viertels, des erſten Fünftels oder des erſten Sechtels der Saite ſtellt; es gibt dann zwei, drei oder vier Schwingungsknoten, auf denen die Reiter unbeweglich bleiben, während ſie gegen die Mitte der Bauchungen herabfallen. Sauveur ſchließt aus dieſen merkwürdigen Reſultaten, daß eine frei ſchwingende tönende Saite nicht nur in ihrer ganzen Länge ſchwingt, ſondern daß jede ihrer Hälften, jedes ihrer Drittel, ihrer Viertel, ihrer Fünftel, ihrer Sechſtel u. ſ. w. für ſich ſchwingt, und den ſeiner Länge entſprechenden Ton erzeugt, und daß hierin die Urſache zur Bildung der Harmonien liegt. Geſetzt alſo die Mitte m der Saite Fig. 141. ſchwinge von h nach h', wenn die ganze Saite vibrirt, ſo verhindert dieſe Bewegung nicht, daß jede Hälfte um ſich ſelbſt ſchwinge, als ob m in Ruhe wäre; ein gleiches gilt für alle Knoten, welche jedem Drittel, jedem Viertel u. ſ. w. entſprechen, und wenn fmf' (Fig. 141.) z. B. eine Stellung der ganzen Saite während ihrer Schwingung vorſtellt, ſo muß man bemerken, daß ſie dabei in eine Menge ſchwingender Theile getheilt iſt, von denen mehre in der Figur angegeben ſind.

Die tönenden Röhren, wie ſie bei den Orgeln vorkommen, ſind im allgemeinen wie eine Pfeife oder eine Flöte eingerichtet. Man unterſcheidet daran den Fuß, den Aufſchnitt und die eigentliche Röhre; der Fuß führt den Wind ein, der Aufſchnitt bewirkt das Anſprechen und die Röhre enthält die Luftſäule, welche in Schwingungen treten und den Ton erzeugen ſollen. In der Pfeife bringt der Fuß PP' (Fig. 142.) den Wind durch das Windloch ll', der Aufſchnitt bb' hat ſein unteres Labium (untere Lippe) am Rande b des Windloches, und ſein oberes Labium (obere Lippe) am Kerne b'. Bei der Orgelröhre (Labialpfeife oder Flötenwerk Fig. 143.) iſt der Fuß hohl und das Windloch ll', welches den Wind bringt, iſt nur eine Art Spalte in der Platte, welche die große Baſis des Fußes verſchließt; der Aufſchnitt iſt mehr oder weniger geöffnet d. h. das obere Labium b' iſt mehr oder weniger entfernt; zuweilen iſt dieſes Labium beweglich, um nach Belieben genähert oder entfernt zu werden. Um den Röhren bei den Verſuchen den Wind zu geben, bedient man ſich eines gewöhnlichen Blaſebalgs SS' Fig. 144., welcher mit Hilfe des Pedals P aufgeblaſen wird; die kleine Leitung TT' führt den Wind in den Kaſten CC', deſſen obere Platte zwölf Löcher OO hat; dieſe Löcher ſind

durch kleine Springventile geſchloſſen, und öffnen ſich nach Belieben mit Hilfe der Taſten HH'. Iſt eine Röhre an ihre Stelle gebracht, und der Blaſebalg gefüllt, ſo legt man den Finger auf die Taſte und gibt mittelſt der Stange tt', welche man mehr oder weniger drückt, den Wind mit mehr oder weniger Gewalt. Nehmen wir zunächſt an, daß die Röhre offen ſei und daß ſie überall denſelben Durchmeſſer habe, ſo wird man ihr verſchiedene Töne entlocken können, indem man ihr den Wind mit mehr oder weniger Gewalt gibt, und wenn es nöthig iſt, die Breite des Aufſchnitts ändert; und wenn man durch 1 den *Grundton* bezeichnet, d. h. den tiefſten Ton, welchen ſie geben kann, ſo werden die übrigen Töne die Reihe der natürlichen Zahlen 1, 2, 3, 4 u. ſ. w. befolgen, und man wird durch kein Mittel einen Ton zu erzeugen vermögen, welcher zwiſchen den angegebenen liegt. Alle cylindriſchen oder prismatiſchen Röhren von derſelben Länge werden denſelben Grundton geben, und dieſelbe Reihe 2, 3, 4 u. ſ. w., vorausgeſetzt, daß ihre Länge zehn- oder zwölfmal ſo groß, als ihr Durchmeſſer iſt, und daß die Materie, aus welcher ſie beſtehen, eine geeignete Steifheit hat. Nur wenn die Röhren ſehr dünn ſind, ſo werden ſie faſt immer den Ton 2 und die folgenden geben, aber es wird ſehr ſchwer ſein, den Grundton aus ihnen zu ziehen. Wenn die Röhre den Ton 2 gibt, ſo kann man ſie in der Mitte durchſchneiden und ihre obere Hälfte wegnehmen, ohne daß der Ton die geringſte Veränderung erfährt; gibt ſie den Ton 3, ſo kann man ſie eben ſo in drei Theile zerlegen und ein Drittheil oder ſogar die zwei oberen Drittheile hinweg nehmen u. ſ. f. Für den Ton 2 gibt es alſo einen *Bauch* in der Mitte der Länge der Röhre d. h, die Luftſchicht, welche ſich hier befindet, iſt während der tönenden Schwingung weder verdünnt, noch verdichtet; denn wenn ſie eine Veränderung der Dichtigkeit erlitte, ſo würde man in dieſem Punkte keine Oeffnung machen können, ohne den Ton zu verändern, und noch weniger würde man die obere Hälfte der Röhre wegnehmen dürfen. Für den Ton 3 gibt es zwei Bäuche die eine am Ende des erſten Drittheils, die andere am Ende des zweiten Drittheils der Länge, denn wenn man in dieſen Punkten Oeffnungen macht, ſo wird der Ton nicht verändert, welches immer der Fall iſt, wenn man ſonſt Oeffnungen anbringt. Für den Ton 4 gibt es 3 Bauchungen, für den Ton 5 gibt es 4 u. ſ. f. Dieſe Verſuche und die Theorie der Blasinſtrumente rühren von *Daniel Bernouilli*. Man ſchließt daraus, daß die tönende Welle, welche dem Grundton einer Röhre (Orgelpfeife) entſpricht, dieſelbe Länge, wie die Röhre hat, daß die dem Ton 2 entſprechende die Hälfte der Länge und die dem Ton 3 entſprechende $\frac{1}{3}$, die dem Ton 4 entſprechende nur $\frac{1}{4}$ der Länge der Röhre hat; denn die beiden Enden einer Röhre ſind nothwendig Bäuche, in denen die Luftſchicht weder verdichtet noch verdünnt ſein kann, weil ſie mit der äußeren Luft in Berührung iſt, und der zwiſchen zwei Bäuchen liegende Raum iſt ſtets die Länge der Welle. Das Geſetz der Schwingungen ändert ſich für *geſchloſſene Röhren*. Man kann ſich zum Verſuche einer Glasröhre von etwa 30 Zoll Länge und 1 Zoll Durchmeſſer bedienen (Fig. 145.), in welche man mit Hilfe der

Stange T einen Kolben P ſchiebt. Nachdem man die Röhre auf einem paſſenden Mundloche befeſtigt hat, bringt man ſie mit dem Blaſebalg in Verbindung, wie Fig. 144. im verkleinerten Maßſtabe zeigt, und in indem man den Luftſtrom anfangs ſehr langſam eintreten läßt, erhält man den Grundton, den wir mit 1 bezeichnen wollen. Vermehrt man allmälig die Kraft des Stromes, ſo erhält man nach einander die Töne 3, 5, 7 u. ſ. w. Eine geſchloſſene Röhre von gleichbleibender Länge gibt mithin verſchiedene Töne, welche die Reihe der ungraden Zahlen 1, 3, 5, 7 u. ſ. w. befolgen, ohne daß es möglich iſt, irgend einen zwiſchen dieſen liegenden Ton zu erzeugen. Zu dieſem Geſetze kommt noch die merkwürdige Thatſache, daß der Grundton einer geſchloſſenen Röhre und der Grundton einer offenen Röhre von derſelben Länge ſtets in der Octave gegen einander ſind, und daß die geſchloſſene Röhre den tiefen Ton oder den Ton 1 gibt, während die offene Röhre den hohen Ton oder den Ton 2 gibt. Man kann dieß leicht durch den Verſuch beſtätigen. Da andererſeits die dem Grundton entſprechende Welle einer offenen Röhre ſo lang wie die Röhre iſt, ſo folgt daraus, daß die Welle, welche den Grundton einer geſchloſſenen Röhre entſpricht, doppelt ſo lang, wie die Röhre iſt. Daniel Bernouilli erklärt dieſe Thatſache, indem er annimmt, daß die Bewegung des Schalls am verſchloſſenen Ende der Röhre zurückgeworfen wird, und zur Mündung zurückkehrt. Dieſe Hypotheſe erklärt auch, woher es kommt, daß der Ton 3 der erſte iſt, welcher auf den Grundton folgen kann, denn, wenn man die Länge der Röhre in drei gleiche Theile theilt (Fig. 146.) ET, TT′, T′F, ſo wird man die beiden erſten Drittheile ET′ ſo betrachten können, als bildeten ſie eine offene Röhre, deren Schwingungen im Einklang mit denen der geſchloſſenen Röhre T′F ſind, welche durch das dritte Drittel gebildet wird, und der erzeugte Schall iſt offenbar der Schall 3, weil ET′ ſeiner Länge nach ein Drittel der offenen Röhre iſt, welche den Grundton geben würde, und eben ſo T′F der dritte Theil der geſchloſſenen Röhre EF iſt. Verhält es ſich ſo, ſo muß der zweite Ton der geſchloſſenen Röhre EF derſelbe ſein, wie der Grundton einer geſchloſſenen Röhre, deren Länge T′F oder ET wäre. Stößt man den Kolben bis T hinein, ſo wird der Grundton in der That gleich dem zweiten Ton, welcher der Stellung des Kolbens in F entſpricht. Hieraus folgt, daß während der Schwingungen, welche den zweiten Ton geben, die Luftſchicht T in demſelben Zuſtande verbleibt, als ob ſich daſelbſt ein feſter Boden befände, d. h. daß ſie gar keine Schwingungen erleidet; ſie bildet daſelbſt einen Knoten, weil ſie in Wahrheit unbewegt bleibt. Alſo gibt es für den zweiten Ton einer geſchloſſenen Röhre in der Länge dieſer Röhre zwei Bäuche und zwei Knoten; der erſte Bauch iſt bei der Mündung E, der zweite in zwei Drittel der Länge in T′, und der erſte Knoten iſt im erſten Drittel in T, der zweite am Boden der Röhre in F. Für den dritten Ton, welcher der Ton 5 iſt, gibt es drei Bauchungen und drei Knoten; die erſte Bauchung iſt immer bei der Mündung, die zweite bei $\frac{2}{5}$ und die dritte bei $\frac{4}{5}$; der erſte Knoten iſt bei $\frac{1}{5}$, der zweite bei $\frac{3}{5}$ und der dritte bei $\frac{5}{5}$, d. h. am Boden. Eben ſo gibt es für den Ton 7 vier Bauchungen

und vier Knoten, für den Ton 9 fünf Bauchungen und fünf Knoten u. ſ. f.; man kann durch den Verſuch den Ort und die Exiſtenz aller Bäuche und aller entſprechenden Knoten für einen jeden Ton aufſuchen; hierzu genügt es in allen Punkten, welche bezeichnet wurden, Oeffnungen zu machen; diejenigen, welche den Bauchungen entſprechen, werden den Ton nicht verändern. Man kann auch mittelſt der Stange T des Kolbens P Fig. 145. dieſen Kolben an alle Punkte ſtoßen, welche den Knoten entſprechen, ſo wird der Ton keine Veränderung erfahren, und für alle dieſe Stellungen des Kolbens derſelbe bleiben. Aus allem bisher Geſagten folgt, daß, um mit offnen oder geſchloſſenen Röhren die Tonleiter herzuſtellen, indem man nur den Grundton in Anſpruch nimmt, man nur ſieben offene Röhren zu nehmen braucht, deren Längen ſich untereinander verhalten, wie die Zahlen 1, $\frac{8}{9}$, $\frac{4}{5}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{5}$, $\frac{8}{15}$, $\frac{1}{2}$, oder ſieben verſchloſſene Röhren, deren Längen in demſelben Verhältniſſe ſtehen. Die Erfahrung ſcheint ſich in dieſer Beziehung einigermaßen von der Theorie zu entfernen, denn Röhren, welche genau die angezeigten Verhältniſſe hätten, würden eine falſche Tonleiter geben. Dieß kommt aber daher, daß die Luftſäule in der Nähe der Mündung ſehr verwickelte Bewegungen erleidet, und man braucht die angegebenen Verhältniſſe nur ſehr wenig zu ändern, um eine völlig genaue Tonleiter zu haben. Wenn man zu gleicher Zeit zwei Röhren vibriren läßt, welche ſehr nahe bei einander liegende Töne geben, wie z. B. C und C mit einem Kreuz, ſo hört man in geringen Zwiſchenzeiten ein ſehr merkliches Schwellen im Tone, welche merkwürdige Erſcheinung das Schlagen (Battement) heißt, und beſonders an Orgeln beobachtet wird. Sauveur hat daſſelbe zuerſt erklärt. Wenn wir zu gleicher Zeit zwei Töne hören, von denen der eine 24 Schwingungen macht, während der andere 25 Schwingungen vollendet, ſo iſt klar, daß bei jeder 24ſten Schwingung des erſten und bei jeder 25ſten Schwingung des zweiten die Tonwellen wiederum gleichzeitig beginnen. Ihre Anfänge treffen zugleich das Ohr, und dieß Zuſammentreffen gibt das Schlagen. Je verſchiedener daher die Töne unter einander ſind, deſto häufiger iſt das Schlagen und im Gegentheil je mehr ſich die Töne nähern uud vermiſchen, deſto ſeltener iſt das Schlagen. Dieſe Erſcheinung beobachtet man nur ſehr ſchwierig bei den Tönen, welche ſich aus den Schwingungen der Saiten ergeben, weil dieſe im Allgemeinen eine geringere Intenſität haben; doch hat Rameau auch hier ihre Exiſtenz erkannt.

Ein Streifen oder eine Stange, welche mit einem ihrer Enden unverrückbar befeſtigt iſt (Fig. 147.), und welche mit einem Bogen geſtrichen, oder einfach mit der Hand aus ihrer Stellung gebracht wird, vollendet von L bis L′ eine Reihe gleichzeitiger Schwingungen, welche, wenn ſie ſchnell genug ſind, zu wirklich tönenden Schwingungen werden. Daniel Bernouilli hat durch die Theorie das Geſetz dieſer Schwingungen beſtimmt; er hat gezeigt, daß für denſelben Streifen, dem man nach und nach verſchiedene Schwingungslängen gibt, die Anzahl der in derſelben Zeit ausgeführten Schwingungen im umgekehrten Verhältniſſe der Quadrate dieſer Längen ſteht. Dieſes Geſetz findet auf

cylindriſche Stangen, prismatiſche Stangen oder Stäbe und auf Streifen Anwendung, aus welcher Subſtanz ſie auch beſtehen mögen; es iſt nur nöthig, daß die Materien gleichartig und die Breite und Dicke in ihrer ganzen Ausdehnung gleich bleibt. Dieſes Geſetz kann durch den Verſuch beſtätigt werden, man braucht nur auf die Decke eines Schallkaſten Stäbe von Eiſen oder Meſſing zu befeſtigen, z. B. Drähte von ein oder zwei Linien Durchmeſſer, von demſelben Ende geſchnitten, und ihnen Längen zu geben, die ſich unter einander verhalten, wie die Zahlen 1, $\sqrt{\frac{8}{9}}$, $\sqrt{\frac{4}{5}}$, $\sqrt{\frac{3}{4}}$, $\sqrt{\frac{2}{3}}$, $\sqrt{\frac{3}{5}}$, $\sqrt{\frac{8}{15}}$, $\sqrt{\frac{1}{2}}$. Die entſprechenden Töne werden eine richtige Tonleiter bilden. Dieß iſt ausgeführt bei dem Juſtrumente, welches in Fig. 148. dargeſtellt iſt, wie es ſich von Oben und von der Seite darſtellt. Man gibt ihm dieſe abgerundete Geſtalt, damit der Bogen ſtets nur Einen Stab auf einmal berührt. Ein einziger Stab kann, wie eine einzige Röhre, eine Reihe verſchiedener Töne hervorbringen, wenn er auf verſchiedene Weiſen vibrirt. Die eben betrachtete Weiſe gibt den Grundton; die folgenden Arten geben nach einander 1, 2, 3 Schwingungsknoten und immer höhere Töne. Chladni hat durch Verſuche nachgewieſen, daß, wenn man den Grundton mit 4 bezeichnet, der zweite Ton, welcher Einem Schwingungsknoten entſpricht, durch 25 und daß, wenn man dieſen mit 3^2 bezeichnet, die folgenden Töne, welche 2, 3 u. ſ. w. Schwingungsknoten entſprechen, durch die Zahlenreihe 5^2, 7^2, 9^2, u. ſ. w. dargeſtellt ſind.

Für die Theorie des Schalls und des Tones iſt ein wichtiges Inſtrument die Sirene. Daſſelbe hat dieſen Namen von ſeinem Erfinder Cagniard de la Tour erhalten, weil es die Eigenthümlichkeit hat, im Waſſer und in verſchiedenen Flüſſigkeiten direct tönende Schwingungen hervorzubringen. Fig. 149. ſtellt daſſelbe dar; TT′FF′ iſt ein cylindriſcher Kaſten von Kupfer, welcher zwei oder drei Zoll Durchmeſſer und ungefähr einen Zoll Höhe hat; die obere Fläche der Decke TT′ iſt eben und wohl polirt. SS′ iſt eine Oeffnung, welche mitten durch den Boden FF′ geht. YY′ iſt eine Windröhre, welche in die Oeffnung SS′ eingepaßt oder eingeſchraubt iſt. V ſind Oeffnungen in dem Deckel TT′, welche ringsherum gehen und ſich in gleichen Abſtänden von einander befinden (Fig. 150.). Man kann deren z. B. 10 anbringen und ihnen ſolche Durchmeſſer geben, daß die Zwiſchenräume, welche ſie trennen, etwas breiter ſind, als die Oeffnungen ſelbſt. PP′ iſt eine bewegliche Scheibe, deren untere Fläche genau auf die Tafel paßt, ohne jedoch eine ſtarke Reibung auszuüben. X iſt eine Achſe, um die ſich die Scheibe PP′ mit größerer oder geringerer Geſchwindigkeit drehen kann. U ſind Oeffnungen, welche durch die Platte PP′ gehen und die den Oeffnungen V des Deckels genau entſprechen, ſowohl hinſichtlich der Anzahl als der Stellung und der verhältnißmäßigen Abſtände (Fig. 150.). Auf dieſe Weiſe ſind alle Oeffnungen des Deckels entweder zugleich geöffnet oder zugleich geſchloſſen, je nachdem bei der Umdrehung der Platte PP′ die Oeffnungen dieſer oder die Zwiſchenräume auf die Oeffnungen des Deckels fallen. J iſt eine Schraube ohne Ende am obern Theile der Drehungsachſe X, RR′ ein Rad mit

100 Zähnen, welches die Schraube ohne Ende in Bewegung ſetzt, CC′ ein unabhängiges Rad, welches bei jeder Umdrehung des Rades RR′ nur um einen Zahn fortrückt; ein an die Achſe RR′ befeſtigter Arm ſtößt daſſelbe um einen Zahn fort. Die Achſen dieſer Räder tragen Nadeln, welche eingetheilte Chiffreblätter D und D′ (Fig. 151.) durchlaufen; dieſe Nadeln und die Räder, welche ſie in Bewegung ſetzen, bilden den Zähler der Sirene. Man kann den Zähler nach Willkür in Bewegung ſetzen oder anhalten. Zu dieſem Zwecke braucht man nur den Knopf B zu drücken, dann greift das Rad RR′ in die Schraube ohne Ende, oder den Knopf B′, dann wird dieſes Eingreifen aufgehoben. In dem letzten Falle ſchlagen die Zähne dieſes Rades gegen einen Sperrzahn, welcher ſogleich die erlangte Geſchwindigkeit aufhebt. Es muß noch erwähnt werden, daß die Oeffnungen der Scheibe gegen die Flächen geneigt ſind (Fig. 152.), ſo daß die Geſchwindigkeit des Windes, welcher durch die Windröhre in den Kaſten getrieben wird, hinreicht der Platte eine mehr oder weniger ſchnelle drehende Bewegung mitzutheilen. Um nun das Spiel der Sirene als akuſtiſches Inſtrument zu verſtehen, nehmen wir einen Augenblick an, daß ſich in dem Deckel nur ein einziges Loch und in der Scheibe deren 10 befinden. Dann wird während einer Umdrehung der Scheibe die Oeffnung des Deckels 10mal geöffnet und 10mal geſchloſſen ſein und mithin wird der Luftſtrom, welcher durch die Windröhre eintritt, zehnmal ſtattfinden und zehnmal unterbrochen ſein. Dies geſchieht in 1 oder $\frac{1}{10}$ oder $\frac{1}{100}$ Secunde, je nachdem die Scheibe 1,10 oder 100 Umdrehungen in einer Secunde macht und da die Luft, welche lebhaft eingeſtoßen und plötzlich aufgehalten wird, bei jedem Wechſel eine Schwingung erzeugt, ſo folgt, daß man bei jeder Umdrehung der Scheibe auf dieſe Weiſe zwanzig Schwingungen haben wird und folglich 20, 200 oder 2000 Schwingungen in der Secunde. Auf dieſe Weiſe muß die Sirene Töne geben, welche gradweiſe ſteigen oder vielmehr in unmerklichen Nüancen vom tiefſten bis zum höchſten Tone ſich erheben. Die Verſuche beſtätigen dieß. Durch die zehn Oeffnungen in dem Deckel wird die eben betrachtete Wirkung nur verzehnfacht. Die Anzahl, Geſtalt und Größe der Oeffnungen ſcheinen auf den Klang des Schalles einen Einfluß zu haben, von dem man ſich bis jetzt noch nicht genau Rechenſchaft zu geben weiß. Nach Cagniard de la Tour nähert ſich der Ton der Sirene der menſchlichen Stimme, wenn die Zwiſchenräume zwiſchen den Oeffnungen ſehr klein ſind und dem Klange der Trompete, wenn dieſelben ſehr groß ſind.

Man kann die abſolute Anzahl der Schwingungen, welche einem gewiſſen Tone entſprechen, mit Hilfe der Sirene oder der ſchwingenden Platten oder der Röhren oder der Saiten zählen.

1) Geſetzt z. B. man ſuche mit Hilfe der Sirene die Anzahl der Schwingungen zu beſtimmen, welche dem Tone der Stimmgabel entſprechen, deren man ſich bedient, um die muſikaliſchen Inſtrumente in Einklang zu bringen. Zu dem Zwecke ſtelle man auf den Tiſch des Blaſebalgs Fig. 144. eine offene oder geſchloſſene Röhre, deren Grundton mit der Stimmgabel übereinſtimmt; hierauf ſtelle man neben dieſe Röhre die

Windröhre der Sirene und indem man den Luftdruck des Blaſebalgs mit der Stange tt′ modificirt, ſo gelangt man dahin die Sirene mit der benachbarten Röhre in Uebereinſtimmung zu bringen und dieſe Uebereinſtimmung einige Minuten lang zu erhalten. So wie dieſe Uebereinſtimmung eingetreten iſt, muß man, während die Töne hervorgebracht werden, zugleich gegen den Knopf des Zählers der Sirene drücken, damit das Rad eingreift und gegen den Knopf eines guten Chronometers, um die Zeit zu meſſen; darauf muß man, nachdem etwa zwei Minuten lang der Einklang aufmerkſam gehört worden iſt, gleichzeitig den Zähler und den Chronometer anhalten. Auf dieſe Weiſe erhält man durch den Zähler die Anzahl der Schwingungen und durch den Chronometer die verfloſſene Zeit, woraus man mit Leichtigkeit abnehmen kann, wie viele Schwingungen auf eine Secunde kommen. Bei einigen Verſuchen, brachte Cagnard de la Tour die Sirene auf ein Gaſometer und unterhielt die Gleichförmigkeit der Bewegung durch verſchieden verbundene Flügel. Dieſes Verfahren iſt aber weniger einfach und ſicher als das vorerwähnte, übrigens kommt man immer ziemlich zu demſelben Reſultat, nämlich daß das a der gewöhnlichen Stimmgabel 427 Schwingungen in der Secunde entſpricht.

2) Um die abſolute Anzahl von Schwingungen mit Hilfe der Stangen oder Streifen zu zählen richtete Chladni den Verſuch auf folgende Weiſe ein: er nahm einen Meſſingſtreifen von einer halben Linie Dicke und $\frac{1}{2}$ Zoll Breite und zwängte ihn in einen wohlbefeſtigten Schraubſtock (Fig. 147.), indem er ihm eine vorragende Länge gab, ſo daß er vier Schwingungen in einer Secunde machte. Dieſe Schwingungen ſind langſam genug, ſo daß man ſie mehre Minuten lang mit Genauigkeit zählen kann. Darauf macht man den Streifen locker, nachdem vorher ſeine Länge mit Genauigkeit gemeſſen worden und ſchiebt ihn tiefer in den Schraubſtock, ſo daß ſich ſeine ſchwingende Länge immer mehr vermindert, bis ſie z. B. in Einklang mit der Stimmgabel iſt. Hierauf mißt man ihre Länge aufs Neue und durch den Vergleich dieſes zweiten Verſuches mit dem erſten erhält man die Anzahl der Schwingungen nach dem Geſetze, daß die Anzahl der Schwingungen im umgekehrten Verhältniſſe mit dem Quadrat der Länge ſteht. Der Ton iſt anhaltender und leichter zu vergleichen, wenn man ihn mit Hilfe eines Bogens erhält, aber man muß ſehr darauf Acht haben, daß der Streif in ſeiner ganzen Länge ſchwingt und keine Schwingungsknoten in ihm erzeugt werden.

3) Das eben erwähnte Schlagen (Battement) der Röhren wurde von Sauveur angewendet, um einen feſten Ton zu beſtimmen zu einer Zeit, wo man weder die Geſetze der Schwingungen der Saiten noch die der Schwingungen der Streifen kannte. Nehmen wir mit Sauveur an, daß man drei Röhren von mehren Fuß Länge habe und daß man ſie ſo in Einklang bringe, daß die erſte mit der zweiten die Terz CE und mit der dritten die kleinere Terz CE^b gebe. Dann iſt die Anzahl der Schwingungen von $C = 1$ oder $\frac{20}{20}$, die von $E = \frac{5}{4}$ oder $\frac{25}{20}$ unv die von $E^b = \frac{5}{4} \times \frac{24}{25} = \frac{24}{20}$. Läßt man nun aber zugleich E und E^b tönen, ſo hört man ſehr deutliche

Schläge in Zwiſchenräumen, ſodaß man ſie mehre Minuten lang zählen kann. Geſetzt man zähle 480 in zwei Minuten, ſo gibt dies vier Schläge in der Secunde d. h. E und E^b begegnen ſich viermal; aber zu einer Begegnung ſind offenbar 25 Schwingungen von E und 24 von E^b nöthig; alſo macht E 100 Schwingungen in der Secunde und E^b nur 96 und C wird folglich nur 80 machen. In dieſer Vorausſetzung ſind dieſes die Anzahlen der Schwingungen, welche dieſen Tönen entſprechen; man braucht folglich nur die Stelle zu kennen, welche ſie in der Claviatur einnehmen, um daraus die abſoluten Schwingungszahlen aller Töne abzuleiten.

4) Merſenne hat verſucht, die Schwingungsanzahl der Töne mit Hilfe der Saiten zu beſtimmen; aber man kannte damals noch nicht die allgemeine Formel von Taylor, welche das Verhältniß zwiſchen der Dauer der Oscillationen, der Länge der Saiten, ihrer weſentlichen Beſchaffenheit und ihrer Spannung ausdrückt. Dieſe Formel iſt $N^2 = \frac{gP}{CL}$. Hierin bezeichnet N die Anzahl der Schwingungen in einer Sexageſimal-Secunde, g die Intenſität der Schwere (vergl. Pendel S. 97.) oder $9^{met},8088$, P das Gewicht, welches die Saite ſpannt, L die Länge der Saite, C das Gewicht der Länge L der Saite. Man ſieht hieraus, daß, um durch Rechnung die Anzahl der Schwingungen, welche eine Saite bei Erzeugung eines gewiſſen Tones macht, zu finden, man nur das Gewicht P, welches ihr die Spannung gibt und den Abſtand L zweier Stege zu kennen braucht, den Werth von C wird man leicht ableiten können, nachdem man eine beliebige Länge der Saite gewogen hat; ſetzt man dieſe Zahl in die Formel, ſo erhält man das Quadrat der Anzahl der Schwingungen, welche in einer Secunde gemacht worden ſind.

Nach Fiſcher's ſorgfältigen Verſuchen beträgt die Anzahl der Schwingungen des a als desjenigen Tones, den eine leere a Saite einer Violine gibt, in einer Secunde nach der Stimmung des Berliner Theaters 437, nach der Stimmung der großen Oper zu Paris 431, nach dem Theater Feydeau 428 und nach dem italieniſchen Theater in Paris 424 Schwingungen.

Die männliche Stimme erſtreckt ſich im Allgemeinen von G bis f, die weibliche von $\overline{d}$ bis $\overline{\overline{a}}$.*) Hiernach macht die Stimme des Mannes für den tiefſten Ton 191 Schwingungen in der Secunde, 678 für den höchſten Ton und die Stimme des Weibes macht 572 Schwingungen für den tiefſten Ton und 1606 für den höchſten.

Die höchſten Töne, welche wir zu hören vermögen, ſind diejenigen, welche z. B. bei der Flügelbewegung gewiſſer Inſekten entſtehen und dieſe erheben ſich ohne Zweifel bis zu mehr als 12 oder 15000

---

*) Man bezeichnet im Deutſchen die Töne bekanntlich mit C, D, E, F, G, A, H, c, d u. ſ. w. Im Franzöſiſchen heißen die Töne Ut, Re, Mi, Fa, Sol, La, Si, Ut u. ſ. w., ſo daß ſich die Töne entſprechen nach folgendem Schema:

Schwingungen in der Secunde. Nun iſt aber anzunehmen, daß ſich das Trommelfell in Einklang mit dem Tone ſetzt, welchen es vernimmt und daß es alſo im Stande iſt, in einer Secunde eben ſo gut 32 Schwingungen zu machen, welche den tiefſten Ton geben, wie 12 oder 15000 Schwingungen, welche den höchſten wahrnehmbaren Ton geben.

Um die abſolute Länge der tönenden Wellen in irgend einem Mittel zu beſtimmen, braucht man nur die Geſchwindigkeit zu kennen, mit welcher ſich der Schall in dieſem Mittel fortpflanzt und die Anzahl der Schwingungen, welche den Ton erzeugen. Da in der Luft z. B. die Geſchwindigkeit des Schalles 340 Metres in der Secunde beträgt, ſo iſt klar, daß ein Ton, welcher das Reſultat von 340 Schwingungen in der Secunde wäre, Undulationen von ein Metre Länge geben werde, denn jede Schwingung erregt eine Welle und die 340 Wellen, welche in einer Secunde erregt werden, nehmen genau 340 Metres Länge ein. Man ſieht alſo, daß im Allgemeinen die Länge der Welle gefunden wird, wenn man die Geſchwindigkeit des Schalls durch die Anzahl der Schwingungen dividirt.

Wir haben ſchon geſehen, daß die Streifen, Stangen oder Cylinder ſchnelle Schwingungen erleiden und Tonwellen erregen können, wenn man ſie ſenkrecht auf die Axe erſchüttert. Dieſe Schwingungen, deren Geſetze ſehr einfach ſind, heißen *transverſale* (quere) Schwingungen. Noch ſind die *longitudinalen* (Längen-) Schwingungen zu betrachten, d. h. diejenigen, welche man in Röhren, Stäben, Saiten u. ſ. w. erregen kann, wenn man ihren Beſtandtheilchen (Moleculen) der Axe parallele Geſchwindigkeiten mittheilt. Geſetzt z. B. man nehme ein Glasröhre von ohngefähr 2 Metres Länge und 3 oder 4 Centimetres Durchmeſſer und übe auf eine ihrer Hälften, während man ſie mit der einen Hand genau in ihrer Mitte hält, mit einem Stück feuchten Tuches eine Reibung aus, ſo wird man augenblicklich einen Ton vernehmen, und nach einiger Uebung wird man dieſem einen großen Grad von Schärfe und Reinheit geben können. Die Schwingungen, welche man auf dieſe Weiſe hervorbringt, ſind offenbar longitudinale Schwingungen. Wenn man immer auf dieſelbe Weiſe durch eine hin- und herfahrende Bewegung reibt, aber mit mehr oder weniger Geſchwindigkeit und mehr oder weniger Druck, ſo wird man eine Reihe

---

Ut_1	Re_1	Mi_1	Fa_1	Sol_1	La_1	Si_1
C	D	E	F	G	A	H
Ut_2	Re_2	Mi_2	Fa_2	Sol_2	La_2	Si_2
c	d	e	f	g	a	h
Ut_3	Re_3	Mi_3	Fa_3	Sol_3	La_3	Si_3
$\bar{c}$	$\bar{d}$	$\bar{e}$	$\bar{f}$	$\bar{g}$	$\bar{a}$	$\bar{h}$
Ut_4	Re_4	Mi_4	Fa_4	Sol_4	La_4	Si_4
$\bar{\bar{c}}$	$\bar{\bar{d}}$	$\bar{\bar{e}}$	$\bar{\bar{f}}$	$\bar{\bar{g}}$	$\bar{\bar{a}}$	$\bar{\bar{h}}$

w.

verſchiedener Töne erzeugen können und wenn man den erſten Ton der Reihe, d. h. den tiefſten mit 1 bezeichnet, ſo läßt ſich leicht nachweiſen, daß die übrigen Töne durch die Reihe der natürlichen Zahlen 2, 3, 4 ausgedrückt werden. Man muß ſchon einen hohen Grad von Uebung und Geſchicklichkeit beſitzen, um noch den Ton 4 herauszubringen, wenn die Röhre nur zwei Metres Länge hat, wie vorausgeſetzt wurde. Dieſelben Reſultate erhält man mit langen prismatiſchen Glasſtreifen oder mit maſſiven Cylindern von derſelben Subſtanz, eben ſo mit Röhren, Streifen und Cylindern von Holz oder Metall; nur bei dieſem letztern würde es oft bequemer ſein, eine andere Art der Erſchütterung anzuwenden. Anſtatt mit feuchtem Tuche zu reiben, wird man mit Tuch reiben können, welches mit Harz beſtreut iſt; noch beſſer iſt es, mit Maſtix oder Siegellack an das eine der Enden der Cylinder oder der Streifen und auf die Verlängerung ihrer Axe eine hohle oder volle Glasröhre von etwa ein Decimetre Länge und fünf oder ſechs Millimetre Durchmeſſer zu befeſtigen. Dann wird die angegebene Hilfsröhre mit feuchtem Tuche erſchüttert und wenn der Maſtix oder das Wachs wohl gegoſſen ſind, ſo werden ſich die Schwingungen ohne Mühe mittheilen. Wenn alſo grade Stangen in der Mitte unterſtützt und an den Enden frei ſind, ſo vibriren ſie wie offene Röhren und geben Töne, welche die Reihe der natürlichen Zahlen 1, 2, 3, 4 u. ſ. w. befolgen. Man kann ſich leicht durch den Verſuch überzeugen, daß Stäbe von derſelben Subſtanz für ihren Grundton ſtets in Einklang ſind, wenn ſie dieſelbe Länge beſitzen, ihre Breite und Dicke mag ſein welche ſie will, nur müſſen dieſe beiden Abmeſſungen ſtets klein gegen die dritte ſein. Dagegen geben bei gleicher Länge Stäbe von verſchiedenen Subſtanzen verſchiedene Töne. Man kann indeß bemerken, daß ſehr lange Stäbe den Ton 2 oder den Ton 3 leichter als den Grundton geben. Dieſe Reſultate vervollſtändigen die Analogie, welche wir zwiſchen den Schwingungen an ihren Enden freier Stäbe und den Schwingungen offener Röhren bemerkt haben. Während daß dieſe feſten Maſſen ſchwingen, vertheilt ſich ihre Bewegung ſehr ungleich in alle ihre Beſtandtheilchen; der größte Theil derſelben macht größere oder kleinere Ausweichungen und eine kleine Anzahl bleibt ſtets in Ruhe. Die Reihe der Ruhepunkte bildet auf der Oberfläche Linien, welche Knotenlinien heißen und wir werden nach den Beobachtungen von Savart zeigen, daß bei den Schwingungen, um die es ſich handelt, die Knotenlinien um die Röhren und Cylinder Curven beſchreiben, welche den Schraubenlinien ſehr ähnlich ſind d. h. einer Linie gleich der, welche die Schneide einer Schraube beſchreibt und daß die unregelmäßigeren Curven um prismatiſche Streifen mehr oder weniger unvollkommenen Schraubenlinien gleichen. Geſetzt wir ſtellten den Verſuch zunächſt mit einer langen Glasröhre an, aus welcher man nur den Grundton lockt. Man hält dieſe Röhre ziemlich horizontal und ſchiebt über diejenige Hälfte, welche nicht mit dem feuchten Tuche gerieben wird, einen leichten Papierring (Fig. 153.), welcher z. B. den doppelten oder dreifachen Durchmeſſer der Röhre hat und beobachtet die Bewegungen dieſes Ringes, welcher den kleinen Papierreitern entſpricht, deren ſich Sauveur be=

diente, um die Knoten ſchwingender Saiten zu zeigen. Sowie der Ton ſich hören läßt, gleitet der Ring auf der Oberfläche der Röhre mit großer Lebhaftigkeit hin und bleibt endlich in einem gewiſſen Punkte ſtehen, zu dem er unaufhörlich zurückkehrt, wenn man ihn davon entfernt. Man bezeichnet dieſen Punkt mit Dinte, er macht offenbar einen Theil der Knotenlinie aus; hierauf dreht man die Röhre ein wenig in der Hand, um eine andere Kante, auf welcher der Ring ruht, nach oben zu führen. Durch Wiederholungen des vorigen Verſuches findet und bezeichnet man einen zweiten Punkt der Knotenlinie. Fährt man fort die Röhre nach und nach in demſelben Sinne zu drehen, ſo kann man nach und nach alle Punkte der Knotenlinie bezeichnen und findet auf dieſe Weiſe, daß ſie eine Art Schraubenlinie mit ſehr erweitertem Gange bildet, welche mehre Mal um die Röhre herumgeht. Fig. 153. ſtellt dieſes ungefähr vor. Dreht man die Röhre, um den Ring auf ihre andere Hälfte zu ſetzen, ſo findet man hier eine ganz gleiche Curve mit dem beſondern Umſtande, daß die eine dieſer Curven nicht die Fortſetzung der andern iſt, daß aber alle beide von der Mitte auszugehen und ſich in demſelben Sinne umzuwickeln ſcheinen. In ſeltenen Fällen kommt es vor, daß die Schraubenlinie erſt in dem einen Sinne z. B. von rechts nach links ſich wendet und ſich dann plötzlich in die entgegengeſetzte Richtung oder von links nach rechts umwendet und wenn dieſe Erſcheinung an dem einen Ende der Röhre auftritt, oder vielmehr an der einen Hälfte, ſo tritt ſie ziemlich in derſelben Entfernung vom Ende auch auf der andern auf. Die innere Oberfläche der Röhre bietet eine Knotenlinie dar, welche der auf der äußern Oberfläche gezogenen durchaus ähnlich iſt; aber dieſe beiden Linien ſind diametral entgegengeſetzt d. h. wenn man annimmt, daß die Röhre in zwei gleiche der Axe parallele Theile zerſchnitten ſei (Fig. 154.) und ſich z. B. zwei Punkte der Knotenlinie U, U′ auf der äußern Kante befinden, welche nach oben gerichtet iſt, ſo wird es zwei entſprechende Ruhepunkte B, B′ auf der innern Kante geben, welche nach unten gerichtet iſt; und umgekehrt befinden ſich die beiden Ruhepunkte O, O′ der äußern Kante, welche nach unten gerichtet iſt, ſenkrecht unter H, H′ auf der innern Kante, welche nach oben gerichtet iſt. Um den Lauf der innern Knotenlinie zu beſtimmen, bringt Savart in die wohl ausgetrocknete Röhre etwas Sand, deſſen Körner gleichmäßig gut ausgetrocknet und hinlänglich ſtark ſind, oder auch eine kleine Kugel von Kork oder Wachs; die Sandkörner oder die Kügelchen zeigen bei dieſen Verſuchen zuweilen eigenthümliche Drehungsbewegungen, welche von den zu beiden Seiten der Knotenlinie entgegengeſetzten Geſchwindigkeiten abhängen. Wenn man ſtatt des Grundtones einer Röhre die Töne 2, 3 oder 4 entlockt, ſo findet man den vorher erwähnten ähnliche Knotenlinien. In der Richtung der Schraubenlinie finden aber für den Ton 2 ſtets zwei Umkehrungen ſtatt d. h. von dem einen Ende der Röhre ausgehend wendet ſich die Schraubenlinie z. B. von rechts nach links ungefähr bis zum erſten Viertheil der Länge, dort kehrt ſie um und wendet ſich nun bis zum dritten Viertheil von links nach rechts und dort endlich kehrt ſie nochmals um, um ſich wie anfangs von rechts nach

links zu wenden. Für den Ton 3 gibt es drei Umkehrungen; die erſte beim erſten Sechstheil der Länge, die zweite beim dritten Sechstheil und die dritte beim fünften Sechstheil. Für den Ton 4 finden 4 Umkehrungen Statt; nämlich beim erſten, dritten, fünften und ſiebenten Achttheil der Länge.

Die Knotenlinien der Streifen und prismatiſchen Stäbe ſind weder ſo einfach, noch laſſen ſie ſich ſo leicht ziehen. Wenn man auf einen langen und ſchmalen Streifen Sand aufträgt, ſo wird man ihn während der longitudinalen Schwingungen lebhaft gleiten ſehen und bemerken, wie er ſich in gewiſſen Stellungen aufhäuft und grade Linien bildet, welche ſenkrecht auf den Kanten ſtehen, welche alſo genau transverſal ſind (Fig. 155.) und wenn man dieſen Streifen umdreht, um die Oberfläche, welche vorher nach oben gerichtet war, nach unten zu richten, ſo erhält man ein entſprechendes Reſultat. Aber die Knoten dieſer Fläche entſprechen denen der erſten nicht, ſondern ſind gegen dieſelbe in einem beſtimmten Gegenſatze (Fig. 156.). Dieſer Gegenſatz iſt deutlicher in Fig. 157. dargeſtellt, welche einen Durchſchnitt des Streifens zeigt, in welchem die Knoten der untern Flächen ſo dargeſtellt ſind, wie man ſie erhält, wenn dieſe Fläche nach oben gerichtet iſt. Wenn ein Streifen hinlänglich dick iſt, ſo daß man beobachten kann, was im Schnitte deſſelben vorgeht, ſo erkennt man ohngefähr diejenige Lage der Knotenlinie, welche in Fig. 158. dargeſtellt iſt. Zu dieſem Reſultate wurde wenigſtens Savart bei einem ſeiner Verſuche geführt. Der Streifen, deſſen er ſich bediente, war eine quadratförmige Eiſenſtange von einem Metre Länge und von zwei Centimetre Seite. Die Schwingungen wurden hervorgebracht durch ſchwache Hammerſchläge gegen das eine Ende und man erblickte auf den Durchſchnitten ſchlangenförmige Knotenlinien, welche eine Verbindung zwiſchen den entgegengeſetzten Knoten der obern und untern Flächen bildeten. Iſt endlich die Breite der Streifen etwas groß gegen die Dicke, ſo verſchwinden die geraden transverſalen Linien auf den obern und untern Flächen oder wenden ſich vielmehr ſo, daß ſie dem Auge einen ganz andern Anblick darbieten. Einen ſolchen zeigt Fig. 159., wie man ihn mit einem Streifen von 4 oder 5 Centimetres Breite und nur einigen Millimetres Dicke erhält; die punktirten Linien geben die Geſtalt und Stellung der Knotenlinie an, welche die untere Oberfläche darbietet, wenn ſie nach oben gerichtet iſt und ohne Zweifel bildet ſich dieſe Knotenlinie, auch wenn jene Fläche nach unten gerichtet iſt, und man oberwärts jene Knotenlinie beobachtet, welche die vollen Linien darſtellen.

Wenn die Stäbe an einem Ende befeſtigt ſind, entweder, indem man ſie in einem Schraubſtock befeſtigt oder in eine feſte Maſſe eingelaſſen hat, ſo können ſie noch in longuitudinale Schwingungen treten und den eben angeführten ähnliche Erſcheinungen hervorbringen. Die Reihe der Töne, welche ſie dann geben, iſt wie bei den an einem Ende geſchloſſenen Röhren durch die Reihenfolge der Zahl 1, 3, 5 u. ſ. w. dargeſtellt. Die Knotenlinien derſelben ſind mit wenigen Abänderungen beinahe dieſelben, wie bei den freien Stäben.

Man kann endlich die Stäbe an **ihren beiden Enden** befeſtigen, indem man ſie in feſte und unbewegliche Werkſtücke einſetzt. Die Töne, welche ſie unter dieſen Umſtänden erzeugen und die Knotenlinien, welche ſie darbieten, ſcheinen ſich in nichts von den Tönen und Knotenlinien zu unterſcheiden, welche man von ihnen erhält, wenn ſie frei ſind. Die hierher gehörigen Verſuche ſind im Allgemeinen ſehr ſchwierig, werden aber einfach und leicht; wenn man ſich zu denſelben der Saiten an Inſtrumenten bedient. Fig. 160. zeigt eine gewöhnliche Saite, welche zur Herſtellung von longitudinalen Schwingungen eingerichtet iſt. BB′ iſt ein großes und ſtarkes Lineal von Holz; AA′ ein in das Lineal befeſtigtes Stäbchen von Stahl; CC′ die vibrirende Saite, die durch eine Schleife an AA′ befeſtigt iſt, über den Steg H geht und endlich an den Schlüſſel F befeſtigt iſt, mit welchem man ſie ſtärker oder ſchwächer anziehen kann. Man ſtreicht den Stab AA an ſeinem obern Ende mit einem Bogen, den man genau mit der Saite parallel halten muß; dann nimmt die Saite ſehr merkliche Schwingungen an. Wenn man auf die Länge derſelben kleine Papierreiter oder kleine Ringe von Papier ſetzt und den Apparat ſo um ſich ſelbſt windet, daß endlich die Saite nach unten kommt, ſo kann man ſich überzeugen, daß ſelbſt bei einem Cylinder von ſo kleinen Dimenſionen noch eine ſchraubenförmige Knotenlinie entſteht, wie bei den vorerwähnten Verſuchen.

Außer den transverſalen und longitudinalen Schwingungen können die geraden Stäbe noch **normale** uud **drehende** Schwingungen ausführen; dieſe letztern können nur an Stäben erregt werden, welche an einem ihrer Enden befeſtigt ſind. Zu dieſem Zwecke führt **Chladni** nur den Bogen ſehr leicht über einen ſenkrecht auf ihrer Axe ſtehenden Durchſchnitt, indem er alle nöthigen Vorſichtsmaßregeln anwendet, um nicht die transverſalen Schwingungen zu erregen, von denen geſprochen wurde. Dieſe Bewegung des Bogens beſtimmt den Stab zu einer Art von Drehung, welche hinlänglich ſchnell hin und hergeht, um tönende Wellen zu erzeugen. Die ſenkrechten Schwingungen ſind immer mit longitudinalen vermiſcht, ſo daß man, um zu wiſſen, was einer jeden zukommt, bei den Verſuchen die Rechnung zu Hilfe nehmen muß. Hier aber genügt es dieſe beiden letztern Schwingungsarten anzugeben, um begreiflich zu machen, daß ſie mit den beiden erſten weſentlich zuſammenhängen und daß ſie, wie jene, von der Elaſticität der Materie abhängen, ſo daß, wenn die eine dieſer Arten bekannt iſt, die drei andern ſich nothwendig davon ableiten. Zwar iſt die Wiſſenſchaft noch nicht dahin gelangt, dieſe Abhängigkeit auf allgemeine und vollſtändige Weiſe zu beſtimmen, aber ſie kann wenigſtens in einigen einzelnen Fällen beſtimmte Schwingungsarten beſtimmen, wenn andere gegeben ſind. Folgende Reſultate hat in dieſer Beziehung **Poiſſon** gefunden.

1) Das Quadrat der Anzahl der longitudinalen Schwingungen einer Saite verhält ſich zum Quadrate der Anzahl ihrer transverſalen Schwingungen in derſelben Zeit, wie ihre Länge zur Verlängerung, welche ſie durch die Spannung erlitten hat. Oder es iſt $N'^2 : N^2 = L : A$, wenn L die Länge der Saite bezeichnet, welche erſt longuitudinal, und dann transverſal ſchwingt, A die Verlängerung, welche

dieſe Saite erfahren hat, vermöge der Spannung, welche ſie erleibet; N′ die Anzahl der longitudinalen Schwingungen, welche ſie in einer gewiſſen Zeit ausführt; N die Anzahl der transverſalen Schwingungen, welche ſie in derſelben Zeit ausführt.

2) Wenn ein Stab an einem ſeiner Enden eingefügt iſt und nach einander longitudinale und drehende Schwingungen ausführt, ſo hat man $N^2 : N'^2 = 5 : 2$. N iſt die Anzahl der longitudinalen, N′ die Anzahl der drehenden Schwingungen. Das Verhältniß iſt alſo unabhängig von Länge und Dicke.

3) Wenn ein cylindriſcher Stab an ſeinen beiden Enden frei iſt, ſo verhält ſich die Anzahl der longitudinalen Schwingungen, welche er in einer gewiſſen Zeit macht, zur Anzahl der transverſalen Schwingungen, welche er in derſelben Zeit macht, wie ſeine hundertfache Länge zu 356fachen Radius. Oder man hat $N : N' = 100\ L : 356\ R$. L iſt die Länge des cylindriſchen Stabes; R ſein Radius; N die Anzahl der longitudinalen Schwingungen; N′ die der transverſalen. Die Zahlen N und N′ beziehen ſich auf den Grundton jeder Art von Schwingungen.

4) Wenn man die vorhergehende Aufgabe auf einen parallelipipediſchen Stab von der Länge L anwendet, deſſen Dicke gleich E iſt, ſo hat man $N : N' = 100\ L : 206\ E$. Die beiden letzten Aufgaben ſind durch Verſuche von Savart beſtätigt worden. Da aber ein Stab, welcher longitudinal ſchwingt, um einen leicht wahrnehmbaren Grundton zu geben, lang ſein muß, und im Gegentheil kurz, wenn er transverſal ſchwingt; ſo muß man, um den Vergleich anzuſtellen, zwei Stäbe anwenden, z. B. einen Stab von 1 Metre Länge für die Schwingungen der erſten Art und einen andern von $\frac{1}{8}$ Metre Länge für die Schwingungen der zweiten Art. Hat man gefunden, daß der Ein Metre lange Stab 100 longitudinale Schwingungen macht, ſo weiß man nach dem Vorhergehenden, daß, wenn man den Ton wahrnehmen könnte, welchem ein Stab von demſelben Stoffe und $\frac{1}{8}$ Metre Länge hervorbringt, derſelbe 8000 Schwingungen entſprechen würde. Auf dieſe Weiſe wurden die Werthe von N abgeleitet, um folgende Tafel zuſammen zu ſtellen.

1. Parallelipſpediſcher Stab von Meſſing.

$L = \frac{1}{8}$ (0m, 825), $E = 3^{mm},92$ $N = 34133$

Die Rechnung gibt	N′ = 2668
Die Beobachtung gab	N′ = 2667
Differenz	+ 1.

2. Cylindriſcher Stab von Meſſing.

$L = \frac{1}{8}$ (0m, 825), $R = 2^{mm},4$ $N = 34133$

Die Rechnung gibt	N′ = 2829
Die Beobachtung	N′ = 2844
Differenz	— 15.

3. Cylindriſcher Stab von Rothkupfer.

$L = \frac{1}{8}\,(0^{m},\ 825)$, $R = 1^{mm},7$ $N = 36864$
Die Rechnung gibt .... $\{N' = 2164$
Die Beobachtung gab................ $\{N' = 2133$

Differenz.............+ 31.

4. Cylindriſcher Stab von Eiſen.

$L = \frac{1}{8}\,(0^{m},\ 88)$, $R = 2^{mm},5$ $N = 45514$
Die Rechnung gibt.................. $\{N' = 3683$
Die Beobachtung gab .... $\{N' = 3686$

Differenz.............— 3.

5. Parallelepipediſcher Stab von Glas.

$L = \frac{1}{8}\,(0^{m},\ 967)$, $E = 6^{mm},4$ $N = 42667$
Die Rechnung gibt.... .... $\{N' = 4645$
Die Beobachtung gab .... $\{N' = 4608$

Differenz...........+ 37.

6. Parallelepipediſcher Stab von Glas.

$L = \frac{1}{8}\,(0^{m},\ 967)$, $E = 2^{mm},6$ $N = 42667$
Die Rechnung gibt.................. $\{N' = 1887$
Die Beobachtung gab.............. $\{N' = 1843$

Differenz...............+ 44.

7. Parallelepipediſcher Stab von Buche.

$L = \frac{1}{2}\,(0^{m},\ 8925)$, $E = 2^{mm},8$ $N = 40960$
Die Rechnung gibt.................. $\{N' = 2114$
Die Beobachtung gab .... $\{N' = 2048$

Differenz.............+ 66.

Man bemerkt in allen dieſen Reſultaten eine hinreichende Uebereinſtimmung zwiſchen Rechnung und Beobachtung. Aus den Verſuchen 1. und 2. ſieht man deutlich, daß die Anzahl der longitudinalen Schwingungen nur von der Länge abhängt, und zugleich daß die transverſalen Schwingungen der Dicke nicht einfach proportional ſind, weil ſonſt der zweite Werth von N′, aus dem erſten abgeleitet nicht 2844 ſondern 3265 ſein würde. Die Theorie Poiſſons zeigt in der That, daß dieſe Schwingungen durch die Geſtalt modificirt ſind, und daß unter übrigens gleichen Bedingungen, die parallelepipediſchen Schwingungen durch $\sqrt{\frac{3}{4}}$ multiplicirt werden müſſen um die cylindriſchen Schwingungen zu erhalten. So erhält man auch durch Multiplication von 3265 mit $\sqrt{\frac{3}{4}}$ die Zahl 2828, welche wenig von 2829 abweicht, welches das Reſultat directer Beobachtung iſt. Bei den Verſuchen 5. und 6. iſt der Einfluß der Geſtalt verſchwunden, weil beide Stäbe parallelepipediſche ſind und man findet wirklich, daß die transverſalen Schwingungen den Dicken einfach proportional ſind.

dieſe Saite erfahren hat, vermöge der Spannung, welche ſie erleidet; N' die Anzahl der longitudinalen Schwingungen, welche ſie in einer gewiſſen Zeit ausführt; N die Anzahl der transverſalen Schwingungen, welche ſie in derſelben Zeit ausführt.

2) Wenn ein Stab an einem ſeiner Enden eingefügt iſt und nach einander longitudinale und drehende Schwingungen ausführt, ſo hat man $N^2 : N'^2 = 5 : 2$. N iſt die Anzahl der longitudinalen, N' die Anzahl der drehenden Schwingungen. Das Verhältniß iſt alſo unabhängig von Länge und Dicke.

3) Wenn ein cylindriſcher Stab an ſeinen beiden Enden frei iſt, ſo verhält ſich die Anzahl der longitudinalen Schwingungen, welche er in einer gewiſſen Zeit macht, zur Anzahl der transverſalen Schwingungen, welche er in derſelben Zeit macht, wie ſeine hundertfache Länge zu 356fachen Radius. Oder man hat $N : N' = 100\ L : 356\ R$. L iſt die Länge des cylindriſchen Stabes; R ſein Radius; N die Anzahl der longitudinalen Schwingungen; N' die der transverſalen. Die Zahlen N und N' beziehen ſich auf den Grundton jeder Art von Schwingungen.

4) Wenn man die vorhergehende Aufgabe auf einen parallelipipediſchen Stab von der Länge L anwendet, deſſen Dicke gleich E iſt, ſo hat man $N : N' = 100\ L : 206\ E$. Die beiden letzten Aufgaben ſind durch Verſuche von **Savart** beſtätigt worden. Da aber ein Stab, welcher longitudinal ſchwingt, um einen leicht wahrnehmbaren Grundton zu geben, lang ſein muß, und im Gegentheil kurz, wenn er transverſal ſchwingt; ſo muß man, um den Vergleich anzuſtellen, zwei Stäbe anwenden, z. B. einen Stab von 1 Metre Länge für die Schwingungen der erſten Art und einen andern von $\frac{1}{8}$ Metre Länge für die Schwingungen der zweiten Art. Hat man gefunden, daß der Ein Metre lange Stab 100 longitudinale Schwingungen macht, ſo weiß man nach dem Vorhergehenden, daß, wenn man den Ton wahrnehmen könnte, welchem ein Stab von demſelben Stoffe und $\frac{1}{8}$ Metre Länge hervorbringt, derſelbe 8000 Schwingungen entſprechen würde. Auf dieſe Weiſe wurden die Werthe von N abgeleitet, um folgende Tafel zuſammen zu ſtellen.

1. Parallelipſpediſcher Stab von Meſſing.

$L = \frac{1}{8}\ (0^{m}, 825)$, $E = 3^{mm},92$ $N = 34133$

Die Rechnung gibt.................. $N' = 2668$

Die Beobachtung gab............. $N' = 2667$

Differenz............+ 1.

2. Cylindriſcher Stab von Meſſing.

$L = \frac{1}{8}\ (0^{m}, 825)$, $R = 2^{mm},4$ $N = 34133$

Die Rechnung gibt.............. $N' = 2829$

Die Beobachtung................... $N' = 2844$

Differenz.........— 15.

3. Cylindriſcher Stab von Rothkupfer.

$L = \frac{1}{8}\,(0^{m},\ 825)$, $R = 1^{mm},7$ $N = 36864$

Die Rechnung gibt	$N' = 2164$
Die Beobachtung gab	$N' = 2133$
Differenz	+ 31.

4. Cylindriſcher Stab von Eiſen.

$L = \frac{1}{8}\,(0^{m},\ 88)$, $R = 2^{mm},5$ $N = 45514$

Die Rechnung gibt.................	$N' = 3683$
Die Beobachtung gab	$N' = 3686$
Differenz.............	— 3.

5. Parallelepipediſcher Stab von Glas.

$L = \frac{1}{8}\,(0^{m},\ 967)$, $E = 6^{mm},4$ $N = 42667$

Die Rechnung gibt....	$N' = 4645$
Die Beobachtung gab	$N' = 4608$
Differenz...........	+ 37.

6. Parallelepipediſcher Stab von Glas.

$L = \frac{1}{8}\,(0^{m},\ 967)$, $E = 2^{mm},6$ $N = 42667$

Die Rechnung gibt.................	$N' = 1887$
Die Beobachtung gab..............	$N' = 1843$
Differenz................	+ 44.

7. Parallelepipediſcher Stab von Buche.

$L = \frac{1}{2}\,(0^{m},\ 8925)$, $E = 2^{mm},8$ $N = 40960$

Die Rechnung gibt..................	$N' = 2114$
Die Beobachtung gab	$N' = 2048$
Differenz.............	+ 66.

Man bemerkt in allen dieſen Reſultaten eine hinreichende Uebereinſtimmung zwiſchen Rechnung und Beobachtung. Aus den Verſuchen 1. und 2. ſieht man deutlich, daß die Anzahl der longitudinalen Schwingungen nur von der Länge abhängt, und zugleich daß die transverſalen Schwingungen der Dicke nicht einfach proportional ſind, weil ſonſt der zweite Werth von N′, aus dem erſten abgeleitet nicht 2844 ſondern 3265 ſein würde. Die Theorie Poiſſons zeigt in der That, daß dieſe Schwingungen durch die Geſtalt modificirt ſind, und daß unter übrigens gleichen Bedingungen, die parallelepipediſchen Schwingungen durch $\sqrt{\frac{3}{4}}$ multiplicirt werden müſſen um die cylindriſchen Schwingungen zu erhalten. So erhält man auch durch Multiplication von 3265 mit $\sqrt{\frac{3}{4}}$ die Zahl 2828, welche wenig von 2829 abweicht, welches das Reſultat directer Beobachtung iſt. Bei den Verſuchen 5. und 6. iſt der Einfluß der Geſtalt verſchwunden, weil beide Stäbe parallelepipediſche ſind und man findet wirklich, daß die transverſalen Schwingungen den Dicken einfach proportional ſind.

Um Platten und Scheiben ſchwingen zu laſſen, bedient man ſich gewöhnlich eines Preſſapparates, wie er in Fig. 161. vorgeſtellt iſt. Die Schraube T dient, den Apparat ſelbſt an einen Tiſch oder irgend einen feſten Körper zu befeſtigen, und die Schraube P dient die Scheibe gegen einen kleinen vorſpringenden Cylinder C zu preſſen. Die Enden der Schraube und des Cylinders müſſen mit einem kegelförmigen Stück feſten und dicken Büffelfells bedeckt ſein. Iſt die Scheibe auf dieſe Weiſe entweder in ihrem Mittelpunkte oder in einem andern ihrem Rande mehr oder weniger nahen Punkte befeſtigt, ſo erſchüttert man ſie mit einem Bogen, welcher ſie ſenkrecht gegen ihre Ebenen ſtreicht. Der entſtehende Schall iſt gewöhnlich hinlänglich beſtimmt, um den Ton deſſelben an einem Pianoforte oder andern Inſtrumente anzugeben. Ohne irgend wie die Anordnung der Scheibe zu ändern und faſt ohne die Bewegung des Bogens zu modificiren, kann man ſehr verſchiedene Töne erhalten, deren Reihe ſo zufällig und veränderlich iſt, daß es bei nicht ſehr großer Uebung faſt unmöglich iſt, genau denſelben Ton zweimal hintereinander zu erzeugen. Je ſchwerer es aber iſt den Zahlenwerth der Töne zu beſtimmen, welche eine auf irgend eine Weiſe befeſtigte Platte hervorbringen kann, deſto leichter iſt es in jedem Falle zu entdecken, wie ſich die Maſſe derſelben in **ſchwingende Theile** und in **ruhende Linien** zerlegt. Zu dem Ende hält man die Platte während ihrer Schwingungen horizontal und ſtreut auf ihre Oberfläche etwas trocknen und feinen Sand. Dann geräth der Sand bei dem erſten Tone, der erzeugt wird, in Bewegung, ſpringt während einer Secunde mehremal auf und fällt wieder zurück; und indem er ſtets von den ſchwingenden Theilen abgeſtoßen wird, häuft er ſich auf den unbewegten Theilen an und bezeichnet auf dieſe Weiſe den Raum, den ſie auf der Scheibe einnehmen. Die **Knotenlinien** ſind es, welche auf dieſe Weiſe alle Figuren (**Klangfiguren**), die auf den Scheiben entſtehen, bilden. **Galilei** hat zuerſt dieſes Mittel, die Knotenlinien darzuſtellen, angegeben; aber **Chladni** entdeckte es 1787 von Neuem, und eröffnete durch die ſchönen Anwendungen, die er von demſelben machte, der Akuſtik ein weites Feld zu neuen Entdeckungen. Die Zahl der Knotenlinien, welche eine und dieſelbe Platte geben kann, ſcheint unendlich zu ſein; es wird daher hinreichen nur verſchiedene allgemeine Syſteme anzugeben, auf welche man alle Knotenlinien kreisförmiger, rechteckiger, dreieckiger Platten u. ſ. w. zurückführen kann. Die kreisförmigen Platten können ein **diametrales**, ein **concentriſches** und ein **zuſammengeſetztes** Syſtem geben. Das diametrale Syſtem iſt nur aus Durchmeſſern zuſammengeſetzt, welche den Umfang in eine gleiche Anzahl gleicher Theile zerlegen. In der am leichteſten herzuſtellenden Klangfigur zählt man 2 Durchmeſſer und 4 Theile des Umfanges (Fig. 162.), nachher 3 Durchmeſſer und 6 Theile des Umfanges u. ſ. f. Bei Metallſcheiben von 3 oder 4 Centimetres Durchmeſſer kann man oft 36 oder 40 Theile zählen (Fig. 163.). Man begreift leicht, warum bei dieſer Art der Theilung durch gerade Linien die Theile des Umfanges ſtets gleich und in gleicher Anzahl vorhanden ſein müſſen, denn 1. iſt klar, daß alle dieſe Theile im Einklang

ſchwingen müſſen, d. h. in gleicher Zeit eine gleiche Anzahl von Schwingungen machen müſſen, und da ſie gleichmäßig um den Mittelpunkt geordnet ſind, ſo müſſen ſie in ihrer Ausdehnung gleich ſein; 2. kann man durch Theorie und directe Verſuche nachweiſen, daß zwei Sectoren oder im Allgemeinen zwei zuſammengrenzende Theile entgegengeſetzte Bewegungen haben müſſen, welches nur bei einer gleichen Anzahl von Theilen ſtattfinden kann.*) In dem concentriſchem Syſteme ſind alle Knotenlinien Umkreiſe, deren Mittelpunkt im Mittelpunkt der Scheibe liegt. Der einfachſte Fall iſt der einer einzigen Knotenlinie (Fig. 164.); dann kann man deren 2, 3 u. ſ. f. (Fig. 165., 166.) erhalten. Um dieſe Figuren leichter zu erhalten, nimmt Savart wie Chladni Platten von großem Durchmeſſer, durchbohrt ſie aber in der Mitte mit einem Loche von 4 oder 5 Millim. Durchmeſſer und läßt in dieſem Loche ein Bündel Haare nach Art des Bogens (Fig. 167.) durchgehen. Die Scheibe darf nur in einigen Punkten der Knotenlinien, die man hervorbringen will, unterſtützt ſein. Bei dem zuſammengeſetzten Syſteme ſind die Knotenlinien mehr oder weniger gekrümmte Durchmeſſer und mehr oder weniger veränderte Umkreiſe. Fig. 168. und 169. zeigen einige der zahlreichen Geſtalten, zu denen man kommen kann. Sie zu erlangen, erfordert mehr oder weniger Geſchicklichkeit, man muß aber im Allgemeinen einige oder mehre Punkte, durch welche die Knotenlinien gehen ſollen, mit den Fingern drücken.

In den quadratförmigen Platten kann man auch drei den vorhergehenden analoge Syſteme unterſcheiden. Fig. 170., 171. und 172. gehören in das diametrale Syſtem; Fig. 173., 174., 175. in das concentriſche, und Fig. 176., 177., 178. bilden eine Art zuſammengeſetzten Syſtems. Die dreieckigen, rechtangulären, vieleckigen und elliptiſchen Platten geben ebenfalls analoge Geſtalten. Dieſe Klangfiguren ſind im Allgemeinen unabhängig von der Subſtanz der Platten; ſie treten mit derſelben Regelmäßigkeit auf Metall, Glas und Holz auf. Nur eine Bedingung findet, wie wir ſpäter ſehen werden, ſtatt, nämlich, daß die Elaſticität in jedem Sinne dieſelbe ſei.

Membranen (ausgeſpannte Häute) zeigen durchaus ähnliche Schwingungen, wie die Platten. Man kann ſich hiervon an Papier oder Pergament oder noch beſſer mit ſehr geſchmeidiger und ſehr gleichmäßiger Goldſchlägerhaut überzeugen. Man muß ſich jedoch einer beſondern Art des Aufſpannens und des Erſchütterns dieſer Art ſehr dünner Platten bedienen, damit ſie ſich durch ſich ſelbſt halten. Savart, welcher dieſe Erſcheinungen beſonders unterſucht hat, befeſtigt die Membranen an ihren Rändern, indem er ſie auf Rahmen von Holz oder über die Oeffnung einer Glasglocke leimt; hierauf feuchtet er ſie mehr oder weniger an, um ihre Spannung ſtärker oder ſchwächer zu machen und endlich nähert er ihnen, um ſie zu erſchüttern, bis zu einer gewiſ-

---

*) Sobald Durchmeſſer ſtattfinden, muß die Anzahl der Theile gleich ſein, denn 1 Diameter gibt 2 Theile, 2 Diam. geben 4 Th., 3 Diam. 6 Th., im Allgemeinen n Diameter 2n Theile.

ſen Entfernung, eine vibrirende Glocke oder eine Orgelflöte von vollem und anhaltendem Tone. So wie ſich der Ton hören läßt, erbebt die Membrane, wie wenn ſie direct erſchüttert worden wäre. Die Sandkörner, welche ſie bedecken, ſpringen auf ihrer Oberfläche und beſchreiben, indem ſie auf den ruhenden Punkten ſich anhäufen, die Knotenlinien. Die Figuren, welche man erhält, ſind außerordentlich verſchieden, ſie hängen von der Spannung der Membranen und der Höhe des ſie treffenden Tones ab. Savart hat verſucht die Reihe der Figuren, welche eine in angegebener Weiſe erſchütterte Membrane geben könne, zu analyſiren. Er drückt ſich in dieſer Beziehung aus wie folgt: „Zu größerer Einfachheit werde ich immer annehmen, daß man anfangs eine Figur erhalten habe, welche aus geradlinien, ſich unter einander rechtwinklig ſchneidenden Knotenlinien zuſammengeſetzt iſt. Ich nehme z. B. an, daß es gelungen wäre, die in Nr. 1. Fig. 179. dargeſtellte Art der Theilung hervorzubringen; wenn die Spannung der Membrane dieſelbe bleibt und der Ton etwas höher wird, ſo kann es ſich ereignen, daß die Scheitelwinkel aa′, bb′, cc′, dd′ wie in Nr. 2. auseinander gehen und dieſe wird allmählig den Anblick von Nr. 3., 4. und 5. darbieten, wenn der Ton fortwährend ſteigt und endlich in Nr. 6. übergehen, welche nur aus vier parallelen Linien zuſammengeſetzt iſt. Aber dieſes Mittel von der erſten Art der Theilung, zu der von Nr. 6. überzugehen, durch jene erſte Art der Trennung der Winkel, iſt nicht das einzige, deſſen ſich die Membrane bedienen kann. Fig. 180. und 181. bieten Beiſpiele verſchiedener Umgeſtaltungen dar, durch welche die Membrane zu derſelben letzten Geſtalt der vier parallelen Linien kommen kann. Es kann ſich auch ereignen (Fig. 182.), daß die Scheitelwinkel aa′, bb′, cc′, dd′, diejenigen ſind, welche ſich anfangs theilen und daß die durch den Sand gezeichnete Figur nach und nach den Anblick von Nr. 2., 3., 4., 5. und 6. darbietet; oder auch, daß dieſe Theilung, wie in Nr. 2. der Fig. 183. und 184. ſtattfindet, welches nochmals neue Modificationen in den auf einander folgenden Figuren, welche auf vier parallele Linien führen, hervorbringen wird. Endlich kann es ſich noch ereignen, daß ſich die entgegengeſetzten Winkel nicht theilen, wie in Nr. 2. der Fig. 185., welche durch einfache Einbeugungen der geraden Linien im entgegengeſetzten Sinne auf Nr. 6. übergeht. Jetzt können vier parallele Linien in eine andere Anzahl von Parallellinien oder rechtwinklig gerichteten Linien übergehen. Fig. 186. zeigt eine Umgeſtaltung dieſer Art von Theilung zu zwei parallelen Knotenlinien und Fig. 187. einen Uebergang derſelben Art von Theilung zu vier gleichermaßen parallelen Linien, welche aber rechtwinklig durch andere gerade Linien geſchnitten werden. Im Allgemeinen, wenn man von einer Figur ausgeht, welche aus ſich rechtwinklig ſchneidenden Linien zuſammengeſetzt iſt, ſo hängt der Charakter der auf einander folgenden Modificationen von der Art ab, in welcher ſich die Scheitelwinkel trennen, wie man dieß auf ſehr deutliche Weiſe an den Fig. 188. und 189. ſehen kann, welche Uebergänge von vier parallelen Linien darſtellen. Geht man dagegen von parallelen Linien aus, ſo kann man im Allgemeinen ſagen, daß der Charakter der Umgeſtaltungen von den verſchiedenen Einbeugungen ab=

hängt, welche dieſe Linien erfahren können. Auf dieſe Weiſe müſſen die unter Nr. 5. ſtehenden Anſichten der Fig. 188. und 189., wenn man ſie als erſte Modificationen der geraden Linien betrachtet, ganz verſchiedene Erſcheinungen hervorbringen, welche davon abhängen, daß ſich in der einen Figur die Linien anfangs nach außen, in der andern nach innen krümmen. Aber von allen Modificationen, welche dieſe geraden Linien erzeugen können, gibt es keine, welche merkwürdigere Erſcheinungen darbieten, als die, welche aus den wechſelnden Einbeugungen folgen, welche dieſe Linien anfangs annehmen können, je nachdem ſich zwei Krümmungen in dem einen Sinne und eine in dem andern, oder drei in dem einen Sinne und zwei in dem andern u. ſ. w. darbieten. Bemerkenswerthe Beiſpiele zeigen Fig. 190. und 191. Aus dieſen Beobachtungen geht alſo hervor, nicht nur, daß die viereckigen Membranen fähig ſind, jede nur mögliche Anzahl von Schwingungen hervorzubringen, und für jede dieſer Zahlen auf eigenthümliche Weiſe ſich theilen, ſondern auch, daß ein und dieſelbe Anzahl Schwingungen durch verſchiedene Arten der Theilung gegeben ſein kann. Was die Membranen von verſchiedenartiger (kreisrunder, triangulärer u. ſ. w.) Geſtalt betrifft, ſo bieten ſie analoge, obwohl verwickeltere Erſcheinungen. So können z. B. bei einer kreisrunden Membrane, drei diametrale Linien allmählig in drei Parallellinien, und nach und nach in eine einzige diametrale, verbunden mit einer kreisrunden, übergehen (Fig. 192 — 197.) oder auch fünf diametrale in fünf parallele (Fig. 198 — 200.) und von da in noch andere Theilungsarten, z. B. in zwei kreisrunde Linien, welche von einer einzigen diametralen durchſchnitten ſind.

„Die allmähligen Umbildungen der Knotenlinien ſind an ſtarren Platten weit ſchwerer zu beobachten als an den Membranen. Da man nämlich an erſteren eine gegebene Theilungsart nur hervorbringen kann, indem man mehre Punkte der Oberfläche dieſer Körper unbeweglich macht, ſo begegnet es faſt immer, daß gerade dieſe Punkte zu gleicher Zeit einen oder mehren Syſtemen der Knotenlinien angehören, ſo daß man oft aus einem ſehr tiefen in einen ſehr hohen Ton fällt, und umgekehrt, ohne daß man im Stande iſt, durch die zwiſchenliegenden Töne den Uebergang zu nehmen."

„Durch die Erfahrung von dieſer außerordentlichen Beweglichkeit der Membranen, und der Leichtigkeit ihres Uebergangs von einer Schwingungsart zur andern, ſah ſich nun Savart auf die Vermuthung geführt, es möchten wohl auch bei den Schwingungen der Platten, verſchiedene Arten auf einander folgender Bewegungen, wie bei den Membranen und Saiten ſtattfinden, und dieſe Vermuthung wurde unter ſeinen geſchickten Händen zu einer für die Theorie der Akuſtik höchſt wichtigen Gewißheit. Hier den Auszug aus ſeinen Bemerkungen über dieſen Gegenſtand.

„Vorausgeſetzt, man läßt eine kreisrunde Platte tönen, deren Mittelpunkt unbeweglich, und welche die Art der Theilung zeigt, die aus zwei diametralen, ſich rechtwinklig ſchneidenden Knotenlinien beſteht, ſo werden ſich in dieſem Falle die feinſten Theile des Sandes in der Mitte jedes der vier ſchwingenden Theile ſammeln, und daſelbſt einen

Schläge in Zwiſchenräumen, ſodaß man ſie mehre Minuten lang zählen kann. Geſetzt man zähle 480 in zwei Minuten, ſo gibt dies vier Schläge in der Secunde d. h. E und E^b begegnen ſich viermal; aber zu einer Begegnung ſind offenbar 25 Schwingungen von E und 24 von E^b nöthig; alſo macht E 100 Schwingungen in der Secunde und E^b nur 96 und C wird folglich nur 80 machen. In dieſer Vorausſetzung ſind dieſes die Anzahlen der Schwingungen, welche dieſen Tönen entſprechen; man braucht folglich nur die Stelle zu kennen, welche ſie in der Claviatur einnehmen, um daraus die abſoluten Schwingungszahlen aller Töne abzuleiten.

4) Merſenne hat verſucht, die Schwingungsanzahl der Töne mit Hilfe der Saiten zu beſtimmen; aber man kannte damals noch nicht die allgemeine Formel von Taylor, welche das Verhältniß zwiſchen der Dauer der Oscillationen, der Länge der Saiten, ihrer weſentlichen Beſchaffenheit und ihrer Spannung ausdrückt. Dieſe Formel iſt $N^2 = \frac{gP}{CL}$. Hierin bezeichnet N die Anzahl der Schwingungen in einer Sexageſimal-Secunde, g die Intenſität der Schwere (vergl. Pendel S. 97.) oder $9^{met},8088$, P das Gewicht, welches die Saite ſpannt, L die Länge der Saite, C das Gewicht der Länge L der Saite. Man ſieht hieraus, daß, um durch Rechnung die Anzahl der Schwingungen, welche eine Saite bei Erzeugung eines gewiſſen Tones macht, zu finden, man nur das Gewicht P, welches ihr die Spannung gibt und den Abſtand L zweier Stege zu kennen braucht, den Werth von C wird man leicht ableiten können, nachdem man eine beliebige Länge der Saite gewogen hat; ſetzt man dieſe Zahl in die Formel, ſo erhält man das Quadrat der Anzahl der Schwingungen, welche in einer Secunde gemacht worden ſind.

Nach Fiſcher's ſorgfältigen Verſuchen beträgt die Anzahl der Schwingungen des a als desjenigen Tones, den eine leere a Saite einer Violine gibt, in einer Secunde nach der Stimmung des Berliner Theaters 437, nach der Stimmung der großen Oper zu Paris 431, nach dem Theater Feydeau 428 und nach dem italieniſchen Theater in Paris 424 Schwingungen.

Die männliche Stimme erſtreckt ſich im Allgemeinen von G bis $\bar{f}$, die weibliche von $\bar{d}$ bis $\bar{\bar{a}}$.*) Hiernach macht die Stimme des Mannes für den tiefſten Ton 191 Schwingungen in der Secunde, 678 für den höchſten Ton und die Stimme des Weibes macht 572 Schwingungen für den tiefſten Ton und 1606 für den höchſten.

Die höchſten Töne, welche wir zu hören vermögen, ſind diejenigen, welche z. B. bei der Flügelbewegung gewiſſer Inſekten entſtehen und dieſe erheben ſich ohne Zweifel bis zu mehr als 12 oder 15000

---

*) Man bezeichnet im Deutſchen die Töne bekanntlich mit C, D, E, F, G, A, H, c, d u. ſ. w. Im Franzöſiſchen heißen die Töne Ut, Re, Mi, Fa, Sol, La, Si, Ut u. ſ. w., ſo daß ſich die Töne entſprechen nach folgendem Schema:

Schwingungen in der Secunde. Nun iſt aber anzunehmen, daß ſich das Trommelfell in Einklang mit dem Tone ſetzt, welchen es vernimmt und daß es alſo im Stande iſt, in einer Secunde eben ſo gut 32 Schwingungen zu machen, welche den tiefſten Ton geben, wie 12 oder 15000 Schwingungen, welche den höchſten wahrnehmbaren Ton geben.

Um die abſolute Länge der tönenden Wellen in irgend einem Mittel zu beſtimmen, braucht man nur die Geſchwindigkeit zu kennen, mit welcher ſich der Schall in dieſem Mittel fortpflanzt und die Anzahl der Schwingungen, welche den Ton erzeugen. Da in der Luft z. B. die Geſchwindigkeit des Schalles 340 Metres in der Secunde beträgt, ſo iſt klar, daß ein Ton, welcher das Reſultat von 340 Schwingungen in der Secunde wäre, Undulationen von ein Metre Länge geben werde, denn jede Schwingung erregt eine Welle und die 340 Wellen, welche in einer Secunde erregt werden, nehmen genau 340 Metres Länge ein. Man ſieht alſo, daß im Allgemeinen die Länge der Welle gefunden wird, wenn man die Geſchwindigkeit des Schalls durch die Anzahl der Schwingungen dividirt.

Wir haben ſchon geſehen, daß die Streifen, Stangen oder Cylinder ſchnelle Schwingungen erleiden und Tonwellen erregen können, wenn man ſie ſenkrecht auf die Axe erſchüttert. Dieſe Schwingungen, deren Geſetze ſehr einfach ſind, heißen *transverſale* (quere) Schwingungen. Noch ſind die *longitudinalen* (Längen-) Schwingungen zu betrachten, d. h. diejenigen, welche man in Röhren, Stäben, Saiten u. ſ. w. erregen kann, wenn man ihren Beſtandtheilchen (Moleculen) der Axe parallele Geſchwindigkeiten mittheilt. Geſetzt z. B. man nehme ein Glasröhre von ohngefähr 2 Metres Länge und 3 oder 4 Centimetres Durchmeſſer und übe auf eine ihrer Hälften, während man ſie mit der einen Hand genau in ihrer Mitte hält, mit einem Stück feuchten Tuches eine Reibung aus, ſo wird man augenblicklich einen Ton vernehmen, und nach einiger Uebung wird man dieſem einen großen Grad von Schärfe und Reinheit geben können. Die Schwingungen, welche man auf dieſe Weiſe hervorbringt, ſind offenbar longitudinale Schwingungen. Wenn man immer auf dieſelbe Weiſe durch eine hin- und herfahrende Bewegung reibt, aber mit mehr oder weniger Geſchwindigkeit und mehr oder weniger Druck, ſo wird man eine Reihe

---

Ut_1	Re_1	Mi_1	Fa_1	Sol_1	La_1	Si_1
C	D	E	F	G	A	H
Ut_2	Re_2	Mi_2	Fa_2	Sol_2	La_2	Si_2
c	d	e	f	g	a	h
Ut_3	Re_3	Mi_3	Fa_3	Sol_3	La_3	Si_3
$\overline{c}$	$\overline{d}$	$\overline{e}$	$\overline{f}$	$\overline{g}$	$\overline{a}$	$\overline{h}$
Ut_4	Re_4	Mi_4	Fa_4	Sol_4	La_4	Si_4
$\overline{\overline{c}}$	$\overline{\overline{d}}$	$\overline{\overline{e}}$	$\overline{\overline{f}}$	$\overline{\overline{g}}$	$\overline{\overline{a}}$	$\overline{\overline{h}}$

w.

verſchiedener Töne erzeugen können und wenn man den erſten Ton der Reihe, d. h. den tiefſten mit 1 bezeichnet, ſo läßt ſich leicht nachweiſen, daß die übrigen Töne durch die Reihe der natürlichen Zahlen 2, 3, 4 ausgedrückt werden. Man muß ſchon einen hohen Grad von Uebung und Geſchicklichkeit beſitzen, um noch den Ton 4 herauszubringen, wenn die Röhre nur zwei Metres Länge hat, wie vorausgeſetzt wurde. Dieſelben Reſultate erhält man mit langen prismatiſchen Glasſtreifen oder mit maſſiven Cylindern von derſelben Subſtanz, eben ſo mit Röhren, Streifen und Cylindern von Holz oder Metall; nur bei dieſem letztern würde es oft bequemer ſein, eine andere Art der Erſchütterung anzuwenden. Anſtatt mit feuchtem Tuche zu reiben, wird man mit Tuch reiben können, welches mit Harz beſtreut iſt; noch beſſer iſt es, mit Maſtix oder Siegellack an das eine der Enden der Cylinder oder der Streifen und auf die Verlängerung ihrer Axe eine hohle oder volle Glasröhre von etwa ein Decimetre Länge und fünf oder ſechs Millimetre Durchmeſſer zu befeſtigen. Dann wird die angegebene Hilfsröhre mit feuchtem Tuche erſchüttert und wenn der Maſtix oder das Wachs wohl gegoſſen ſind, ſo werden ſich die Schwingungen ohne Mühe mittheilen. Wenn alſo grade Stangen in der Mitte unterſtützt und an den Enden frei ſind, ſo vibriren ſie wie offene Röhren und geben Töne, welche die Reihe der natürlichen Zahlen 1, 2, 3, 4 u. ſ. w. befolgen. Man kann ſich leicht durch den Verſuch überzeugen, daß Stäbe von derſelben Subſtanz für ihren Grundton ſtets in Einklang ſind, wenn ſie dieſelbe Länge beſitzen, ihre Breite und Dicke mag ſein welche ſie will, nur müſſen dieſe beiden Abmeſſungen ſtets klein gegen die dritte ſein. Dagegen geben bei gleicher Länge Stäbe von verſchiedenen Subſtanzen verſchiedene Töne. Man kann indeß bemerken, daß ſehr lange Stäbe den Ton 2 oder den Ton 3 leichter als den Grundton geben. Dieſe Reſultate vervollſtändigen die Analogie, welche wir zwiſchen den Schwingungen an ihren Enden freier Stäbe und den Schwingungen offener Röhren bemerkt haben. Während daß dieſe feſten Maſſen ſchwingen, vertheilt ſich ihre Bewegung ſehr ungleich in alle ihre Beſtandtheilchen; der größte Theil derſelben macht größere oder kleinere Ausweichungen und eine kleine Anzahl bleibt ſtets in Ruhe. Die Reihe der Ruhepunkte bildet auf der Oberfläche Linien, welche Knotenlinien heißen und wir werden nach den Beobachtungen von Savart zeigen, daß bei den Schwingungen, um die es ſich handelt, die Knotenlinien um die Röhren und Cylinder Curven beſchreiben, welche den Schraubenlinien ſehr ähnlich ſind d. h. einer Linie gleich der, welche die Schneide einer Schraube beſchreibt und daß die unregelmäßigeren Curven um prismatiſche Streifen mehr oder weniger unvollkommenen Schraubenlinien gleichen. Geſetzt wir ſtellten den Verſuch zunächſt mit einer langen Glasröhre an, aus welcher man nur den Grundton lockt. Man hält dieſe Röhre ziemlich horizontal und ſchiebt über diejenige Hälfte, welche nicht mit dem feuchten Tuche gerieben wird, einen leichten Papierring (Fig. 153.), welcher z. B. den doppelten oder dreifachen Durchmeſſer der Röhre hat und beobachtet die Bewegungen dieſes Ringes, welcher den kleinen Papierreitern entſpricht, deren ſich Sauveur be-

diente, um die Knoten ſchwingender Saiten zu zeigen. Sowie der Ton ſich hören läßt, gleitet der Ring auf der Oberfläche der Röhre mit großer Lebhaftigkeit hin und bleibt endlich in einem gewiſſen Punkte ſtehen, zu dem er unaufhörlich zurückkehrt, wenn man ihn davon entfernt. Man bezeichnet dieſen Punkt mit Dinte, er macht offenbar einen Theil der Knotenlinie aus; hierauf dreht man die Röhre ein wenig in der Hand, um eine andere Kante, auf welcher der Ring ruht, nach oben zu führen. Durch Wiederholungen des vorigen Verſuches findet und bezeichnet man einen zweiten Punkt der Knotenlinie. Fährt man fort die Röhre nach und nach in demſelben Sinne zu drehen, ſo kann man nach und nach alle Punkte der Knotenlinie bezeichnen und findet auf dieſe Weiſe, daß ſie eine Art Schraubenlinie mit ſehr erweitertem Gange bildet, welche mehre Mal um die Röhre herumgeht. Fig. 153. ſtellt dieſes ungefähr vor. Dreht man die Röhre, um den Ring auf ihre andere Hälfte zu ſetzen, ſo findet man hier eine ganz gleiche Curve mit dem beſondern Umſtande, daß die eine dieſer Curven nicht die Fortſetzung der andern iſt, daß aber alle beide von der Mitte auszugehen und ſich in demſelben Sinne umzuwickeln ſcheinen. In ſeltenen Fällen kommt es vor, daß die Schraubenlinie erſt in dem einen Sinne z. B. von rechts nach links ſich wendet und ſich dann plötzlich in die entgegengeſetzte Richtung oder von links nach rechts umwendet und wenn dieſe Erſcheinung an dem einen Ende der Röhre auftritt, oder vielmehr an der einen Hälfte, ſo tritt ſie ziemlich in derſelben Entfernung vom Ende auch auf der andern auf. Die innere Oberfläche der Röhre bietet eine Knotenlinie dar, welche der auf der äußern Oberfläche gezogenen durchaus ähnlich iſt; aber dieſe beiden Linien ſind diametral entgegengeſetzt d. h. wenn man annimmt, daß die Röhre in zwei gleiche der Axe parallele Theile zerſchnitten ſei (Fig. 154.) und ſich z. B. zwei Punkte der Knotenlinie U, U′ auf der äußern Kante befinden, welche nach oben gerichtet iſt, ſo wird es zwei entſprechende Ruhepunkte B, B′ auf der innern Kante geben, welche nach unten gerichtet iſt; und umgekehrt befinden ſich die beiden Ruhepunkte O, O′ der äußern Kante, welche nach unten gerichtet iſt, ſenkrecht unter H, H′ auf der innern Kante, welche nach oben gerichtet iſt. Um den Lauf der innern Knotenlinie zu beſtimmen, bringt Savart in die wohl ausgetrocknete Röhre etwas Sand, deſſen Körner gleichmäßig gut ausgetrocknet und hinlänglich ſtark ſind, oder auch eine kleine Kugel von Kork oder Wachs; die Sandkörner oder die Kügelchen zeigen bei dieſen Verſuchen zuweilen eigenthümliche Drehungsbewegungen, welche von den zu beiden Seiten der Knotenlinie entgegengeſetzten Geſchwindigkeiten abhängen. Wenn man ſtatt des Grundtones einer Röhre die Töne 2, 3 oder 4 entlockt, ſo findet man den vorher erwähnten ähnliche Knotenlinien. In der Richtung der Schraubenlinie finden aber für den Ton 2 ſtets zwei Umkehrungen ſtatt d. h. von dem einen Ende der Röhre ausgehend wendet ſich die Schraubenlinie z. B. von rechts nach links ungefähr bis zum erſten Viertheil der Länge, dort kehrt ſie um und wendet ſich nun bis zum dritten Viertheil von links nach rechts und dort endlich kehrt ſie nochmals um, um ſich wie anfangs von rechts nach

links zu wenden. Für den Ton 3 gibt es drei Umkehrungen; die erſte beim erſten Sechstheil der Länge, die zweite beim dritten Sechstheil und die dritte beim fünften Sechstheil. Für den Ton 4 finden 4 Umkehrungen Statt; nämlich beim erſten, dritten, fünften und ſiebenten Achttheil der Länge.

Die Knotenlinien der Streifen und prismatiſchen Stäbe ſind weder ſo einfach, noch laſſen ſie ſich ſo leicht ziehen. Wenn man auf einen langen und ſchmalen Streifen Sand aufträgt, ſo wird man ihn während der longitudinalen Schwingungen lebhaft gleiten ſehen und bemerken, wie er ſich in gewiſſen Stellungen aufhäuft und grade Linien bildet, welche ſenkrecht auf den Kanten ſtehen, welche alſo genau transverſal ſind (Fig. 155.) und wenn man dieſen Streifen umdreht, um die Oberfläche, welche vorher nach oben gerichtet war, nach unten zu richten, ſo erhält man ein entſprechendes Reſultat. Aber die Knoten dieſer Fläche entſprechen denen der erſten nicht, ſondern ſind gegen dieſelbe in einem beſtimmten Gegenſatze (Fig. 156.). Dieſer Gegenſatz iſt deutlicher in Fig. 157. dargeſtellt, welche einen Durchſchnitt des Streifens zeigt, in welchem die Knoten der untern Flächen ſo dargeſtellt ſind, wie man ſie erhält, wenn dieſe Fläche nach oben gerichtet iſt. Wenn ein Streifen hinlänglich dick iſt, ſo daß man beobachten kann, was im Schnitte deſſelben vorgeht, ſo erkennt man ohngefähr diejenige Lage der Knotenlinie, welche in Fig. 158. dargeſtellt iſt. Zu dieſem Reſultate wurde wenigſtens Savart bei einem ſeiner Verſuche geführt. Der Streifen, deſſen er ſich bediente, war eine quadratförmige Eiſenſtange von einem Metre Länge und von zwei Centimetre Seite. Die Schwingungen wurden hervorgebracht durch ſchwache Hammerſchläge gegen das eine Ende und man erblickte auf den Durchſchnitten ſchlangenförmige Knotenlinien, welche eine Verbindung zwiſchen den entgegengeſetzten Knoten der obern und untern Flächen bildeten. Iſt endlich die Breite der Streifen etwas groß gegen die Dicke, ſo verſchwinden die geraden transverſalen Linien auf den obern und untern Flächen oder wenden ſich vielmehr ſo, daß ſie dem Auge einen ganz andern Anblick darbieten. Einen ſolchen zeigt Fig. 159., wie man ihn mit einem Streifen von 4 oder 5 Centimetres Breite und nur einigen Millimetres Dicke erhält; die punktirten Linien geben die Geſtalt und Stellung der Knotenlinie an, welche die untere Oberfläche darbietet, wenn ſie nach oben gerichtet iſt und ohne Zweifel bildet ſich dieſe Knotenlinie, auch wenn jene Fläche nach unten gerichtet iſt, und man oberwärts jene Knotenlinie beobachtet, welche die vollen Linien darſtellen.

Wenn die Stäbe an einem Ende befeſtigt ſind, entweder, indem man ſie in einem Schraubſtock befeſtigt oder in eine feſte Maſſe eingelaſſen hat, ſo können ſie noch in longuitudinale Schwingungen treten und den eben angeführten ähnliche Erſcheinungen hervorbringen. Die Reihe der Töne, welche ſie dann geben, iſt wie bei den an einem Ende geſchloſſenen Röhren durch die Reihenfolge der Zahl 1, 3, 5 u. ſ. w. dargeſtellt. Die Knotenlinien derſelben ſind mit wenigen Abänderungen beinahe dieſelben, wie bei den freien Stäben.

Man kann endlich die Stäbe an ihren beiden Enden befeſtigen, indem man ſie in feſte und unbewegliche Werkſtücke einſetzt. Die Töne, welche ſie unter dieſen Umſtänden erzeugen und die Knotenlinien, welche ſie darbieten, ſcheinen ſich in nichts von den Tönen und Knotenlinien zu unterſcheiden, welche man von ihnen erhält, wenn ſie frei ſind. Die hierher gehörigen Verſuche ſind im Allgemeinen ſehr ſchwierig, werden aber einfach und leicht; wenn man ſich zu denſelben der Saiten an Inſtrumenten bedient. Fig. 160. zeigt eine gewöhnliche Saite, welche zur Herſtellung von longitudinalen Schwingungen eingerichtet iſt. BB′ iſt ein großes und ſtarkes Lineal von Holz; AA′ ein in das Lineal befeſtigtes Stäbchen von Stahl; CC′ die vibrirende Saite, die durch eine Schleife an AA′ befeſtigt iſt, über den Steg H geht und endlich an den Schlüſſel F befeſtigt iſt, mit welchem man ſie ſtärker oder ſchwächer anziehen kann. Man ſtreicht den Stab AA an ſeinem obern Ende mit einem Bogen, den man genau mit der Saite parallel halten muß; dann nimmt die Saite ſehr merkliche Schwingungen an. Wenn man auf die Länge derſelben kleine Papierreiter oder kleine Ringe von Papier ſetzt und den Apparat ſo um ſich ſelbſt windet, daß endlich die Saite nach unten kommt, ſo kann man ſich überzeugen, daß ſelbſt bei einem Cylinder von ſo kleinen Dimenſionen noch eine ſchraubenförmige Knotenlinie entſteht, wie bei den vorerwähnten Verſuchen.

Außer den transverſalen und longitudinalen Schwingungen können die geraden Stäbe noch normale uud drehende Schwingungen ausführen; dieſe letztern können nur an Stäben erregt werden, welche an einem ihrer Enden befeſtigt ſind. Zu dieſem Zwecke führt Chladni nur den Bogen ſehr leicht über einen ſenkrecht auf ihrer Axe ſtehenden Durchſchnitt, indem er alle nöthigen Vorſichtsmaßregeln anwendet, um nicht die transverſalen Schwingungen zu erregen, von denen geſprochen wurde. Dieſe Bewegung des Bogens beſtimmt den Stab zu einer Art von Drehung, welche hinlänglich ſchnell hin und hergeht, um tönende Wellen zu erzeugen. Die ſenkrechten Schwingungen ſind immer mit longitudinalen vermiſcht, ſo daß man, um zu wiſſen, was einer jeden zukommt, bei den Verſuchen die Rechnung zu Hilfe nehmen muß. Hier aber genügt es dieſe beiden letztern Schwingungsarten anzugeben, um begreiflich zu machen, daß ſie mit den beiden erſten weſentlich zuſammenhängen und daß ſie, wie jene, von der Elaſticität der Materie abhängen, ſo daß, wenn die eine dieſer Arten bekannt iſt, die drei andern ſich nothwendig davon ableiten. Zwar iſt die Wiſſenſchaft noch nicht dahin gelangt, dieſe Abhängigkeit auf allgemeine und vollſtändige Weiſe zu beſtimmen, aber ſie kann wenigſtens in einigen einzelnen Fällen beſtimmte Schwingungsarten beſtimmen, wenn andere gegeben ſind. Folgende Reſultate hat in dieſer Beziehung Poiſſon gefunden.

1) Das Quadrat der Anzahl der longitudinalen Schwingungen einer Saite verhält ſich zum Quadrate der Anzahl ihrer transverſalen Schwingungen in derſelben Zeit, wie ihre Länge zur Verlängerung, welche ſie durch die Spannung erlitten hat. Oder es iſt $N'^2 : N^2 = L : A$, wenn L die Länge der Saite bezeichnet, welche erſt longitudinal, und dann transverſal ſchwingt, A die Verlängerung, welche

dieſe Saite erfahren hat, vermöge der Spannung, welche ſie erleidet; N' die Anzahl der longitudinalen Schwingungen, welche ſie in einer gewiſſen Zeit ausführt; N die Anzahl der transverſalen Schwingungen, welche ſie in derſelben Zeit ausführt.

2) Wenn ein Stab an einem ſeiner Enden eingefügt iſt und nach einander longitudinale und drehende Schwingungen ausführt, ſo hat man $N^2 : N'^2 = 5 : 2$. N iſt die Anzahl der longitudinalen, N' die Anzahl der drehenden Schwingungen. Das Verhältniß iſt alſo unabhängig von Länge und Dicke.

3) Wenn ein cylindriſcher Stab an ſeinen beiden Enden frei iſt, ſo verhält ſich die Anzahl der longitudinalen Schwingungen, welche er in einer gewiſſen Zeit macht, zur Anzahl der transverſalen Schwingungen, welche er in derſelben Zeit macht, wie ſeine hundertfache Länge zu 356fachen Radius. Oder man hat $N : N' = 100\,L : 356\,R$. L iſt die Länge des cylindriſchen Stabes; R ſein Radius; N die Anzahl der longitudinalen Schwingungen; N' die der transverſalen. Die Zahlen N und N' beziehen ſich auf den Grundton jeder Art von Schwingungen.

4) Wenn man die vorhergehende Aufgabe auf einen parallelipipediſchen Stab von der Länge L anwendet, deſſen Dicke gleich E iſt, ſo hat man $N : N' = 100\,L : 206\,E$. Die beiden letzten Aufgaben ſind durch Verſuche von Savart beſtätigt worden. Da aber ein Stab, welcher longitudinal ſchwingt, um einen leicht wahrnehmbaren Grundton zu geben, lang ſein muß, und im Gegentheil kurz, wenn er transverſal ſchwingt; ſo muß man, um den Vergleich anzuſtellen, zwei Stäbe anwenden, z. B. einen Stab von 1 Metre Länge für die Schwingungen der erſten Art und einen andern von $\frac{1}{8}$ Metre Länge für die Schwingungen der zweiten Art. Hat man gefunden, daß der Ein Metre lange Stab 100 longitudinale Schwingungen macht, ſo weiß man nach dem Vorhergehenden, daß, wenn man den Ton wahrnehmen könnte, welchem ein Stab von demſelben Stoffe und $\frac{1}{8}$ Metre Länge hervorbringt, derſelbe 8000 Schwingungen entſprechen würde. Auf dieſe Weiſe wurden die Werthe von N abgeleitet, um folgende Tafel zuſammen zu ſtellen.

1. Parallelipipediſcher Stab von Meſſing.

$L = \frac{1}{8}\,(0^m, 825)$, $E = 3^{mm},92$ $N = 34133$

Die Rechnung gibt .... $N' = 2668$

Die Beobachtung gab .... $N' = 2667$

Differenz .... + 1.

2. Cylindriſcher Stab von Meſſing.

$L = \frac{1}{8}\,(0^m, 825)$, $R = 2^{mm},4$ $N = 34133$

Die Rechnung gibt .... $N' = 2829$

Die Beobachtung .... $N' = 2844$

Differenz .... — 15.

3. Cylindriſcher Stab von Rothkupfer.

$L = \frac{1}{8}$ (0^m, 825), R = 1^{mm},7 N = 36864

Die Rechnung gibt	N′ = 2164
Die Beobachtung gab..............	N′ = 2133
Differenz..............	+ 31.

4. Cylindriſcher Stab von Eiſen.

$L = \frac{1}{8}$ (0^m, 88), R = 2^{mm},5 N = 45514

Die Rechnung gibt...............	N′ = 3683
Die Beobachtung gab	N′ = 3686
Differenz.............	— 3.

5. Parallelepipediſcher Stab von Glas.

$L = \frac{1}{8}$ (0^m, 967), E = 6^{mm},4 N = 42667

Die Rechnung gibt....	N′ = 4645
Die Beobachtung gab	N′ = 4608
Differenz...........	+ 37.

6. Parallelepipediſcher Stab von Glas.

$L = \frac{1}{8}$ (0^m, 967), E = 2^{mm},6 N = 42667

Die Rechnung gibt...................	N′ = 1887
Die Beobachtung gab..............	N′ = 1843
Differenz..................	+ 44.

7. Parallelepipediſcher Stab von Buche.

$L = \frac{1}{8}$ (0^m, 8925), E = 2^{mm},8 N = 40960

Die Rechnung gibt...................	N′ = 2114
Die Beobachtung gab	N′ = 2048
Differenz............	+ 66.

Man bemerkt in allen dieſen Reſultaten eine hinreichende Uebereinſtimmung zwiſchen Rechnung und Beobachtung. Aus den Verſuchen 1. und 2. ſieht man deutlich, daß die Anzahl der longitudinalen Schwingungen nur von der Länge abhängt, und zugleich daß die transverſalen Schwingungen der Dicke nicht einfach proportional ſind, weil ſonſt der zweite Werth von N′, aus dem erſten abgeleitet nicht 2844 ſondern 3265 ſein würde. Die Theorie Poiſſons zeigt in der That, daß dieſe Schwingungen durch die Geſtalt modificirt ſind, und daß unter übrigens gleichen Bedingungen, die parallelepipediſchen Schwingungen durch $\sqrt{\frac{3}{4}}$ multiplicirt werden müſſen um die cylindriſchen Schwingungen zu erhalten. So erhält man auch durch Multiplication von 3265 mit $\sqrt{\frac{3}{4}}$ die Zahl 2828, welche wenig von 2829 abweicht, welches das Reſultat directer Beobachtung iſt. Bei den Verſuchen 5. und 6. iſt der Einfluß der Geſtalt verſchwunden, weil beide Stäbe parallelepipediſche ſind und man findet wirklich, daß die transverſalen Schwingungen den Dicken einfach proportional ſind.

Um Platten und Scheiben ſchwingen zu laſſen, bedient man ſich gewöhnlich eines Preſſapparates, wie er in Fig. 161. vorgeſtellt iſt. Die Schraube T dient, den Apparat ſelbſt an einen Tiſch oder irgend einen feſten Körper zu befeſtigen, und die Schraube P dient die Scheibe gegen einen kleinen vorſpringenden Cylinder C zu preſſen. Die Enden der Schraube und des Cylinders müſſen mit einem kegelförmigen Stück feſten und dicken Büffelfells bedeckt ſein. Iſt die Scheibe auf dieſe Weiſe entweder in ihrem Mittelpunkte oder in einem andern ihrem Rande mehr oder weniger nahen Punkte befeſtigt, ſo erſchüttert man ſie mit einem Bogen, welcher ſie ſenkrecht gegen ihre Ebenen ſtreicht. Der entſtehende Schall iſt gewöhnlich hinlänglich beſtimmt, um den Ton deſſelben an einem Pianoforte oder andern Inſtrumente anzugeben. Ohne irgend wie die Anordnung der Scheibe zu ändern und faſt ohne die Bewegung des Bogens zu modificiren, kann man ſehr verſchiedene Töne erhalten, deren Reihe ſo zufällig und veränderlich iſt, daß es bei nicht ſehr großer Uebung faſt unmöglich iſt, genau denſelben Ton zweimal hintereinander zu erzeugen. Je ſchwerer es aber iſt den Zahlenwerth der Töne zu beſtimmen, welche eine auf irgend eine Weiſe befeſtigte Platte hervorbringen kann, deſto leichter iſt es in jedem Falle zu entdecken, wie ſich die Maſſe derſelben in ſchwingende Theile und in ruhende Linien zerlegt. Zu dem Ende hält man die Platte während ihrer Schwingungen horizontal und ſtreut auf ihre Oberfläche etwas trocknen und feinen Sand. Dann geräth der Sand bei dem erſten Tone, der erzeugt wird, in Bewegung, ſpringt während einer Secunde mehremal auf und fällt wieder zurück; und indem er ſtets von den ſchwingenden Theilen abgeſtoßen wird, häuft er ſich auf den unbewegten Theilen an und bezeichnet auf dieſe Weiſe den Raum, den ſie auf der Scheibe einnehmen. Die Knotenlinien ſind es, welche auf dieſe Weiſe alle Figuren (Klangfiguren), die auf den Scheiben entſtehen, bilden. Galilei hat zuerſt dieſes Mittel, die Knotenlinien darzuſtellen, angegeben; aber Chladni entdeckte es 1787 von Neuem, und eröffnete durch die ſchönen Anwendungen, die er von demſelben machte, der Akuſtik ein weites Feld zu neuen Entdeckungen. Die Zahl der Knotenlinien, welche eine und dieſelbe Platte geben kann, ſcheint unendlich zu ſein; es wird daher hinreichen nur verſchiedene allgemeine Syſteme anzugeben, auf welche man alle Knotenlinien kreisförmiger, rechteckiger, dreieckiger Platten u. ſ. w. zurückführen kann. Die kreisförmigen Platten können ein diametrales, ein concentriſches und ein zuſammengeſetztes Syſtem geben. Das diametrale Syſtem iſt nur aus Durchmeſſern zuſammengeſetzt, welche den Umfang in eine gleiche Anzahl gleicher Theile zerlegen. In der am leichteſten herzuſtellenden Klangfigur zählt man 2 Durchmeſſer und 4 Theile des Umfanges (Fig. 162.), nachher 3 Durchmeſſer und 6 Theile des Umfanges u. ſ. f. Bei Metallſcheiben von 3 oder 4 Centimetres Durchmeſſer kann man oft 36 oder 40 Theile zählen (Fig. 163.). Man begreift leicht, warum bei dieſer Art der Theilung durch gerade Linien die Theile des Umfanges ſtets gleich und in gleicher Anzahl vorhanden ſein müſſen, denn 1. iſt klar, daß alle dieſe Theile im Einklang

ſchwingen müſſen, d. h. in gleicher Zeit eine gleiche Anzahl von Schwingungen machen müſſen, und da ſie gleichmäßig um den Mittelpunkt geordnet ſind, ſo müſſen ſie in ihrer Ausdehnung gleich ſein; 2. kann man durch Theorie und directe Verſuche nachweiſen, daß zwei Sectoren oder im Allgemeinen zwei zuſammengrenzende Theile entgegengeſetzte Bewegungen haben müſſen, welches nur bei einer gleichen Anzahl von Theilen ſtattfinden kann.*) In dem concentriſchem Syſteme ſind alle Knotenlinien Umkreiſe, deren Mittelpunkt im Mittelpunkt der Scheibe liegt. Der einfachſte Fall iſt der einer einzigen Knotenlinie (Fig. 164.); dann kann man deren 2, 3 u. ſ. f. (Fig. 165., 166.) erhalten. Um dieſe Figuren leichter zu erhalten, nimmt Savart wie Chladni Platten von großem Durchmeſſer, durchbohrt ſie aber in der Mitte mit einem Loche von 4 oder 5 Millim. Durchmeſſer und läßt in dieſem Loche ein Bündel Haare nach Art des Bogens (Fig. 167.) durchgehen. Die Scheibe darf nur in einigen Punkten der Knotenlinien, die man hervorbringen will, unterſtützt ſein. Bei dem zuſammengeſetzten Syſteme ſind die Knotenlinien mehr oder weniger gekrümmte Durchmeſſer und mehr oder weniger veränderte Umkreiſe. Fig. 168. und 169. zeigen einige der zahlreichen Geſtalten, zu denen man kommen kann. Sie zu erlangen, erfordert mehr oder weniger Geſchicklichkeit, man muß aber im Allgemeinen einige oder mehre Punkte, durch welche die Knotenlinien gehen ſollen, mit den Fingern drücken.

In den quadratförmigen Platten kann man auch drei den vorhergehenden analoge Syſteme unterſcheiden. Fig. 170., 171. und 172. gehören in das diametrale Syſtem; Fig. 173., 174., 175. in das concentriſche, und Fig. 176., 177., 178. bilden eine Art zuſammengeſetzten Syſtems. Die dreieckigen, rechtangulären, vieleckigen und elliptiſchen Platten geben ebenfalls analoge Geſtalten. Dieſe Klangfiguren ſind im Allgemeinen unabhängig von der Subſtanz der Platten; ſie treten mit derſelben Regelmäßigkeit auf Metall, Glas und Holz auf. Nur eine Bedingung findet, wie wir ſpäter ſehen werden, ſtatt, nämlich, daß die Elaſticität in jedem Sinne dieſelbe ſei.

Membranen (ausgeſpannte Häute) zeigen durchaus ähnliche Schwingungen, wie die Platten. Man kann ſich hiervon an Papier oder Pergament oder noch beſſer mit ſehr geſchmeidiger und ſehr gleichmäßiger Goldſchlägerhaut überzeugen. Man muß ſich jedoch einer beſondern Art des Aufſpannens und des Erſchütterns dieſer Art ſehr dünner Platten bedienen, damit ſie ſich durch ſich ſelbſt halten. Savart, welcher dieſe Erſcheinungen beſonders unterſucht hat, befeſtigt die Membranen an ihren Rändern, indem er ſie auf Rahmen von Holz oder über die Oeffnung einer Glasglocke leimt; hierauf feuchtet er ſie mehr oder weniger an, um ihre Spannung ſtärker oder ſchwächer zu machen und endlich nähert er ihnen, um ſie zu erſchüttern, bis zu einer gewiſ-

*) Sobald Durchmeſſer ſtattfinden, muß die Anzahl der Theile gleich ſein, denn 1 Diameter gibt 2 Theile, 2 Diam. geben 4 Th., 3 Diam. 6 Th., im Allgemeinen n Diameter 2n Theile.

ſen Entfernung, eine vibrirende Glocke oder eine Orgelflöte von vollem und anhaltendem Tone. So wie ſich der Ton hören läßt, erbebt die Membrane, wie wenn ſie direct erſchüttert worden wäre. Die Sandkörner, welche ſie bedecken, ſpringen auf ihrer Oberfläche und beſchreiben, indem ſie auf den ruhenden Punkten ſich anhäufen, die Knotenlinien. Die Figuren, welche man erhält, ſind außerordentlich verſchieden, ſie hängen von der Spannung der Membranen und der Höhe des ſie treffenden Tones ab. Savart hat verſucht die Reihe der Figuren, welche eine in angegebener Weiſe erſchütterte Membrane geben könne, zu analyſiren. Er drückt ſich in dieſer Beziehung aus wie folgt: „Zu größerer Einfachheit werde ich immer annehmen, daß man anfangs eine Figur erhalten habe, welche aus geradlinien, ſich unter einander rechtwinklig ſchneidenden Knotenlinien zuſammengeſetzt iſt. Ich nehme z. B. an, daß es gelungen wäre, die in Nr. 1. Fig. 179. dargeſtellte Art der Theilung hervorzubringen; wenn die Spannung der Membrane dieſelbe bleibt und der Ton etwas höher wird, ſo kann es ſich ereignen, daß die Scheitelwinkel aa′, bb′, cc′, dd′ wie in Nr. 2. auseinander gehen und dieſe wird allmählig den Anblick von Nr. 3., 4. und 5. darbieten, wenn der Ton fortwährend ſteigt und endlich in Nr. 6. übergehen, welche nur aus vier parallelen Linien zuſammengeſetzt iſt. Aber dieſes Mittel von der erſten Art der Theilung, zu der von Nr. 6. überzugehen, durch jene erſte Art der Trennung der Winkel, iſt nicht das einzige, deſſen ſich die Membrane bedienen kann. Fig. 180. und 181. bieten Beiſpiele verſchiedener Umgeſtaltungen dar, durch welche die Membrane zu derſelben letzten Geſtalt der vier parallelen Linien kommen kann. Es kann ſich auch ereignen (Fig. 182.), daß die Scheitelwinkel aa′, bb′, cc′, dd′, diejenigen ſind, welche ſich anfangs theilen und daß die durch den Sand gezeichnete Figur nach und nach den Anblick von Nr. 2., 3., 4., 5. und 6. darbietet; oder auch, daß dieſe Theilung, wie in Nr. 2. der Fig. 183. und 184. ſtattfindet, welches nochmals neue Modificationen in den auf einander folgenden Figuren, welche auf vier parallele Linien führen, hervorbringen wird. Endlich kann es ſich noch ereignen, daß ſich die entgegengeſetzten Winkel nicht theilen, wie in Nr. 2. der Fig. 185., welche durch einfache Einbeugungen der geraden Linien im entgegengeſetzten Sinne auf Nr. 6. übergeht. Jetzt können vier parallele Linien in eine andere Anzahl von Parallellinien oder rechtwinklig gerichteten Linien übergehen. Fig. 186. zeigt eine Umgeſtaltung dieſer Art von Theilung zu zwei parallelen Knotenlinien und Fig. 187. einen Uebergang derſelben Art von Theilung zu vier gleichermaßen parallelen Linien, welche aber rechtwinklig durch andere gerade Linien geſchnitten werden. Im Allgemeinen, wenn man von einer Figur ausgeht, welche aus ſich rechtwinklig ſchneidenden Linien zuſammengeſetzt iſt, ſo hängt der Charakter der auf einander folgenden Modificationen von der Art ab, in welcher ſich die Scheitelwinkel trennen, wie man dieß auf ſehr deutliche Weiſe an den Fig. 188. und 189. ſehen kann, welche Uebergänge von vier parallelen Linien darſtellen. Geht man dagegen von parallelen Linien aus, ſo kann man im Allgemeinen ſagen, daß der Charakter der Umgeſtaltungen von den verſchiedenen Einbeugungen ab=

hängt, welche dieſe Linien erfahren können. Auf dieſe Weiſe müſſen die unter Nr. 5. ſtehenden Anſichten der Fig. 188. und 189., wenn man ſie als erſte Modificationen der geraden Linien betrachtet, ganz verſchiedene Erſcheinungen hervorbringen, welche davon abhängen, daß ſich in der einen Figur die Linien anfangs nach außen, in der andern nach innen krümmen. Aber von allen Modificationen, welche dieſe geraden Linien erzeugen können, gibt es keine, welche merkwürdigere Erſcheinungen darbieten, als die, welche aus den wechſelnden Einbeugungen folgen, welche dieſe Linien anfangs annehmen können, je nachdem ſich zwei Krümmungen in dem einen Sinne und eine in dem andern, oder drei in dem einen Sinne und zwei in dem andern u. ſ. w. darbieten. Bemerkenswerthe Beiſpiele zeigen Fig. 190. und 191. Aus dieſen Beobachtungen geht alſo hervor, nicht nur, daß die viereckigen Membranen fähig ſind, jede nur mögliche Anzahl von Schwingungen hervorzubringen, und für jede dieſer Zahlen auf eigenthümliche Weiſe ſich theilen, ſondern auch, daß ein und dieſelbe Anzahl Schwingungen durch verſchiedene Arten der Theilung gegeben ſein kann. Was die Membranen von verſchiedenartiger (kreisrunder, triangulärer u. ſ. w.) Geſtalt betrifft, ſo bieten ſie analoge, obwohl verwickeltere Erſcheinungen. So können z. B. bei einer kreisrunden Membrane, drei diametrale Linien allmählig in drei Parallellinien, und nach und nach in eine einzige diametrale, verbunden mit einer kreisrunden, übergehen (Fig. 192 — 197.) oder auch fünf diametrale in fünf parallele (Fig. 198 — 200.) und von da in noch andere Theilungsarten, z. B. in zwei kreisrunde Linien, welche von einer einzigen diametralen durchſchnitten ſind.

„Die allmähligen Umbildungen der Knotenlinien ſind an ſtarren Platten weit ſchwerer zu beobachten als an den Membranen. Da man nämlich an erſteren eine gegebene Theilungsart nur hervorbringen kann, indem man mehre Punkte der Oberfläche dieſer Körper unbeweglich macht, ſo begegnet es faſt immer, daß gerade dieſe Punkte zu gleicher Zeit einen oder mehren Syſtemen der Knotenlinien angehören, ſo daß man oft aus einem ſehr tiefen in einen ſehr hohen Ton fällt, und umgekehrt, ohne daß man im Stande iſt, durch die zwiſchenliegenden Töne den Uebergang zu nehmen.“

„Durch die Erfahrung von dieſer außerordentlichen Beweglichkeit der Membranen, und der Leichtigkeit ihres Uebergangs von einer Schwingungsart zur andern, ſah ſich nun Savart auf die Vermuthung geführt, es möchten wohl auch bei den Schwingungen der Platten, verſchiedene Arten auf einander folgender Bewegungen, wie bei den Membranen und Saiten ſtattfinden, und dieſe Vermuthung wurde unter ſeinen geſchickten Händen zu einer für die Theorie der Akuſtik höchſt wichtigen Gewißheit. Hier den Auszug aus ſeinen Bemerkungen über dieſen Gegenſtand.

„Vorausgeſetzt, man läßt eine kreisrunde Platte tönen, deren Mittelpunkt unbeweglich, und welche die Art der Theilung zeigt, die aus zwei diametralen, ſich rechtwinklig ſchneidenden Knotenlinien beſteht, ſo werden ſich in dieſem Falle die feinſten Theile des Sandes in der Mitte jedes der vier ſchwingenden Theile ſammeln, und daſelbſt einen

kleinen durch verſchiedene Bewegungen belebten Haufen bilden. Merkt man dieſe vier Punkte an, und ſucht hierauf die aus zwei diametralen und einer kreisrunden Linie beſtehende Figur hervorzubringen, ſo findet man, daß dieſe letztere Linie gerade durch die vier Punkte, welche man ſich auf der Platte angemerkt hatte, hindurchgeht. Bewirkt man ferner die Art der Theilung, welche in drei diametralen Knotenlinien erſcheint, was ſechs ſchwingende Theile gibt, von denen jeder einen durch feinen Sand gebildeten Punkt bietet, ſo bemerkt man ebenfalls, daß, wenn man die Platte ſchwingen läßt, um die Figur zu erhalten, wo man gleichfalls drei diametrale jedoch durch eine Kreislinie geſchnittene Linien hat, in dieſem Falle dieſe letztere Linie immer die Punkte ſchneidet, wo ſich die Theilchen des feinen Sandes bei Gelegenheit der vorhergehenden Theilung geſammelt hatten. Macht man denſelben Verſuch, wenn die Platte vier, ſechs, acht, zehn diametrale Knotenlinien zeigt, ſo erkennt man ebenfalls, daß ſie der Sitz einer Theilungsart iſt, welche ich die ſecundäre nennen will, und die durch ebenſoviel diametrale Linien, als die primäre, überdem aber durch eine kreisrunde Knotenlinie gebildet wird. Wurde die primäre Figur durch eine große Zahl diametraler Linien gebildet, indem die Schwingungsweiten nur unbeträchtlich waren, ſo prägt ſich die kreisrunde Linie der ſecundären Figur faſt ganz aus, ſo daß man nicht zweifeln kann, daß die kleinen Haufen feinen Sandes, welche ſich der Beobachtung zeigen, ſobald die Zahl der Diameter ſehr klein iſt, nichts als die Uranfänge einer kreisrunden Knotenlinie ſind. Jeden möglichen Zweifel aber hebt die Beobachtung auf, daß dieſe kleinen Haufen ſich in die Länge ziehen, je nachdem der Durchmeſſer der Platten ſich verkleinert, bei gleicher Dicke und gleicher Theilungsart, ſo daß, nach Ueberſchreitung einer gewiſſen Gränze, die kreisrunde Linie ſich faſt ganz ausprägt. Dadurch wird bewieſen, daß, wenn bei ſehr großen Platten dieſe Linie ſich auf Punkte beſchränkt, welche ſich in der Mitte jedes Schwingungsbauches der primären Figur befinden, vermöge der großen Schwingungsweiten die Mitte eines jeden dieſer Schwingungsbäuche der einzige Ort iſt, wo die Platte faſt eben und horizontal bleibt, wo folglich der Sand ſich anſammeln kann, während rechts und links von dieſem Punkt die Oberfläche geneigt iſt, alſo die Sandtheilchen nicht ſtille liegen können.

Erſcheint nun alſo die Vorausſetzung natürlich, daß die diametralen Knotenlinien der ſecundären Figur ebenda Platz finden, wo die der primären, ſo kann man den Beweis leicht führen, wenn man eine kreisrunde Platte in einen Schraubſtock befeſtigt, verſehen mit zwei hölzernen Haltern, dünn und lang genug, um die eine der diametralen Linien der Platte ihrer ganzen Länge nach einklammern zu können, eine Vorrichtung, welche nicht hindert, daß die gewöhnlichen Schwingungen erſcheinen. Durch dieſes Verfahren nimmt man wahr, daß die ſecundäre Figur ſich eben ſo nett ausprägt, als wenn die Platte nur in ihrem Mittelpunkt befeſtigt geweſen wäre, woraus man ſchließen muß, daß nicht die Mitte jedes Schwingungsbauches der ſecundären Theilungsart jeder Knotenlinie der primären Figur entſpricht, ſondern daß die diametralen Knotenlinien beider Bewegungen ſich genau übertragen. Hiernach

kann es nicht zweifelhaft ſeyn, daß es, wo man nur kreisrunde Linien hat, ſecundäre Linien gibt, welche die nämliche Stelle, wie die urſprünglichen Knotenlinien, einnehmen. Dieß wird noch überdieß unmittelbar durch die Beobachtung bewieſen, daß man dieſe letztern Linien mit den Fingern berühren, ſelbſt in ihrer ganzen Ausdehnung mit den Klammern eines Schraubſtocks einzwängen kann, ohne daß in der ſecundären Bewegung ein Stillſtand eintritt. Dieſes Nebeneinanderbeſtehen zweier Theilungsarten bemerkt man nicht allein, wenn die primäre Figur nur diametrale Knotenlinien zeigt, ſondern auch wenn die Linien dieſer Art von einer größern oder geringern Zahl Kreislinien geſchnitten werden. In allen dieſen verſchiedenen Fällen bildet ſich die ſecundäre Figur immer aus gleich viel diametralen Linien, wie die primäre Figur, und ſetzt man die Zahl der Kreislinien $= n$, ſo iſt die der ſecundären Kreislinien $= 2n + 1$, zugegeben, nämlich, daß außer den erſcheinenden ſecundären Linien es noch eben ſo viele gibt, als primäre, welche durch ſie verhüllt ſind, eben ſo wie dieß für die diametralen Knotenlinien gilt. Gibt man dieſe Vorausſetzung auch für den Fall des alleinigen Stattfindens von Kreislinien zu, und betrachtet man den durch den Sand gebildeten Punkt in der Mitte der Scheibe als einen Kreis von unendlich kleinem Durchmeſſer, ſo kann man, nennt man für dieſen Fall die Zahl der primären Linien n, die der ſecundären Linien durch $2n + 1$ bezeichnen. Aus dem Vorhergehenden iſt alſo klar, daß es bei den kreisrunden Platten eine ſecundäre Theilungsart gibt, die ſich viel beſtimmter ausſpricht, als alle übrigen. Welches aber ſind die Bedingungen, welche die ſecundäre Theilungsart ſo abhängig von der primären machen, daß man, iſt dieſe gegeben, immer die andere vorausbeſtimmen kann? Die Löſung dieſer Frage ſcheint höchſt einfach. In der That, vor allen Arten der Theilung, welche neben der urſprünglichen beſtehen (und ohne Zweifel gibt es deren ſehr viele) müſſen die ihr analogeſten ſich immer ſtärker ausprägen, als die übrigen, und unter allen, welche dieſe Bedingung erfordern, wird die einfachſte auch immer diejenige ſein, deren ſchwingende Theile die größten Abweichungen machen. Hat man z. B. zwei diametrale ſich rechtwinklig ſchneidende Linien, ſo iſt von allen ſecundären, aus dieſen beiden Linien zuſammengeſetzten Figuren diejenige die einfachſte, die der Zurückführung auf dieſe beiden Linien am nächſten ſteht, d. i. die von einer einzigen Kreislinie umzogen iſt; dieſelbe Figur, welche immer mit der ebenerwähnten Theilungsart zugleich vorkommt. Hieraus geht hervor, was auch mit der Beobachtung zuſammenſtimmt, daß die ſecundäre Figur aus kleineren ſchwingenden Theilchen zuſammengeſetzt ſein muß, als die primäre Figur, daß alſo auch die ſecundären Töne immer höher ſein müſſen, als die primären.

„Nun aber, warum kann die ſecundäre Theilungsart nur durch einen feinern Sand markirt werden, als der, welcher die primäre Figur bezeichnet, gleichſam als ob zwiſchen den Schwingungsweiten und der Feinheit des Sandes ein beſtimmtes Verhältniß ſtattfände? Hierauf iſt zu erwidern, daß, von welcher Beſchaffenheit der Sand auch ſein mag, er ſich immer auf den ruhenden Linien der primären Figur ſammeln

kann, und daß einzig die ſecundäre Figur nur durch einen ſehr feinen Staub angezeigt werden kann. Nimmt man z. B. Rückſicht auf den Unterſchied zwiſchen Sand, welcher aus einer Vereinigung kleiner von einander unabhängiger Kügelchen beſteht und einem ſehr feinen Pulver, wie dem von Lykopodium, oder auch dem Staube, der ſich an die Meubles anſetzt, deſſen ſämmtliche Theile unter ſich und mit der Oberfläche der Platte mit einer gewiſſen Adhaerenz zuſammenhängen; ſo begreift man leicht, daß dieſe ſonſt ſo locker zuſammenhängenden Subſtanzen, ſobald ſie ſich in die Mitte eines ſchwingenden Theils der primären Theilungsart befinden, mit dem Theile der Platte, auf welchem ſie ruhen, transportirt werden können, ohne ſich zu trennen; vorzüglich wenn ſie ſich auf einer Knotenlinie der ſecundären Bewegung befinden, das iſt, zwiſchen zwei Theilen der Scheibe, welche in verſchiedenem Sinne ſchwingen. Um die oben erwähnten Verſuche wiederholen zu können, braucht man Scheiben von Meſſing von mehren Decimetern im Durchmeſſer und 2 — 3 Millimeter Stärke; ſie müſſen nothwendig ganz eben, und überall von gleicher Stärke ſein, und damit ſie keine Ungleichheiten in der Dichte und Sprödigkeit zeigen, muß man ſie vorher ausglühen laſſen, ehe man ſie ſchlägt, welches Letztere mit einem hölzernen etwas ſchweren Hammer geſchieht. Je ebener ſie ſind, deſto klangreicher." — Noch etwas Eigenthümliches bemerkt Savart über die Verſetzung der Knotenlinien. Er bemerkte, daß ſie unter gewiſſen Bedingungen ſchwanken, oder ſelbſt in eine mehr oder minder heftige rotirende Bewegung gerathen können. Hier ein etwas ins Einzelne gehender Auszug aus ſeinem Aufſatze über dieſen Gegenſtand:

„Zahl und Richtung der ſchwingenden Theile eines Körpers hängen ab von dem Ort der Erſchütterung, ſelbſt der Geſtalt des Körpers, ſeiner Natur, ſeinen Dimenſionen und von der Stellung der Theile ſeines Umfangs, die man zuvörderſt unbeweglich gemacht hat. In gewiſſen Fällen kann man keine dieſer Bedingungen verändern, ohne die Ordnung der ſchwingenden Theile zu ſtören, und in andern im Gegentheil kann dieſelbe Ordnung ſtattfinden, ſelbſt wenn ein oder mehre dieſer Umſtände geändert worden. Rückt man z. B. den angefeuchteten Finger auf dem Rande einer Harmonicaglocke fort, ſo theilt ſie ſich ſtets auf dieſelbe Weiſe, und gibt immer denſelben Ton, obwohl der Erſchütterungspunkt beſtändig wechſelt. Derſelbe Fall iſt es mit einer kreisrunden Platte, deren Mittelpunkt unbeweglich iſt; man kann jeden beliebigen Punkt ihres Umfangs erſchüttern, ohne daß die Art der Theilung eine Veränderung erfährt; einzig die Stellung der ſchwingenden Partieen wechſelt, weil der Erſchütterungspunkt immer der Mittelpunkt einer dieſer Partieen ſein muß, ſo daß, wenn man den Bogen während der Zeit Eines Auf- und Niederſtreichens, mit einer gleichförmigen Bewegung um die ganze Scheibe herumführt, und ihn mit ſich ſelbſt parallel hält, die ſchwingenden Theile zu gleicher Zeit ihre Stellung verändern und ihm folgen, woraus die Grundlage zu einer fortwährenden rotirenden Bewegung entſteht. Was aber ſehr merkwürdig iſt: dieſe rotirende Bewegung des Syſtems der ſchwingenden Theile kann erfolgen, wenn auch der Ort der Erſchütterung derſelbe bleibt, und es

ſcheint dazu hinreichend zu ſein, daß man die in ſchwingende Bewegung geſetzte Scheibe ſich ſelbſt überläßt. Geſetzt man hätte z. B. eine kreisrunde in ihrem Mittelpunkt befeſtigte Platte, welche eine von den Theilungsarten zeigt, die nur aus diametralen Knotenlinien beſtehen, ſo zeigt der Verſuch, daß dieſe Linien vollkommen unbeweglich bleiben, ſo lange der Bogen die Scheibe berührt; zieht man ihn nun plötzlich ab, was dem noch ſecundenlangen Fortbeſtehen der Bewegung durchaus kein Hinderniß iſt, ſo oſcilliren die ruhenden Linien um die Stellung herum, die ſie vorher einnahmen, und kehren nicht eher dahin zurück, als bis die ſchwingende Bewegung auf dem Punkt iſt, aufzuhören. Sobald die Zahl dieſer Schwankungen in einer kurzen Zeit ſehr groß iſt, ſo wird der Sand ein unzureichendes Mittel, um die Verſchiedenheit der Stellung der Knotenlinien gehörig auszumitteln, weil er jetzt mit zu großer Gewalt weggetrieben wird, um hinreichend genaue Angaben begründen zu können; doch kann man an ſeiner Statt einen feinen Staub nehmen, der im Stande iſt, der Oberfläche der Platte leicht anzuhängen, und folglich die ſecundäre Theilungsart anzuzeigen. Die kleinen Haufen, die er in der Mitte jedes der urſprünglich ſchwingenden Theile bildet, auf der Spur der ſecundären Kreislinie, können längs dieſer Linie ausgezogen werden, ohne ſich, vermöge ihrer Adhärenz, zu trennen; ſo zeigen ſie vollkommen die wechſelbare Lage der Schwingungsbäuche, und folglich auch die der primären Knotenlinien an. Die Weite dieſer Schwankungen iſt um ſo beträchtlicher, je ſchneller der Bogen fortſchreitet, und je lebhafter man ihn von der ſchwingenden Scheibe abzieht; ſo kann es vorkommen, daß die Schwankung groß genug wird, um die Knotenlinien, ſobald ſie die Mitte des ſie in ihrer frühern Stellung trennenden Zwiſchenraums überſchritten haben, an dieſelbe Seite zu verſetzen, bis ſie den ganzen Umfang eines ganzen ſchwingenden Theils durchlaufen haben. Man begreift, daß ſie in dieſer neuen Stellung angekommen, nicht plötzlich ſtill ſtehen können, ſondern von Neuem ſchwanken müſſen, und ſo iſt es auch. Bringt man, während dieſe neuen Schwankungen ſtattfinden, einen zweiten Strich des Bogens an, und erſchüttert die Scheibe immer an demſelben Punkte ihres Umfangs, ſo wird man die Knotenlinie zu einer neuen Bewegung beſtimmen, und, läßt man die Bogenſtriche in beſtimmten Zwiſchenräumen erfolgen, ſo wird man die kleinen Staubhäufchen allmählich ſämmtliche Schwingungsbäuche hindurchgehen, daſelbſt einen Augenblick ſich aufhalten, und ſich hierauf auf den benachbarten ſchwingenden Theil übertragen ſehen; vervielfältigt man aber lebhaft die Bogenſtriche, ſo wird die Mitte jedes Schwingungsbauches nicht mehr durch augenblickliches Verweilen des Staubes angezeigt, und das Syſtem der ſchwingenden Theile wird der Sitz einer rotirenden Bewegung, welche durch einen fortwährenden Strom von Staub angezeigt wird, ähnlich einer kleinen die Form eines Ringes annehmenden Wolke (Fig. 201.). Die Richtung dieſer Bewegung hängt von Umſtänden ab, die der Verfaſſer noch nicht hat ergründen können, bald pflanzen die Wellenbewegungen der ſchwingenden Theile ſich von der Rechten zur Linken fort, bald umgekehrt. Er hat nur bemerkt, daß man, um die einmal hervorgerufene Bewegung zu

unterhalten, mit dem Bogen nicht rückwärts ſtreichen dürfe, indem man genau denſelben Punkt des Umkreiſes der Platte berührt, an welchem man aufwärts geſtrichen hatte, und daß man ihn ein wenig rechts oder links führen müſſe, indem man ihn nachher in die erſte Stellung zurückführt, in der man ihn herabgehen ließ. — Die Stellung ſelbſt betreffend, welche der Strom einnimmt, ſo hängt ſie ab von der ſecundären Kreislinie, auf welcher der Staub ſich zu vereinigen ſtrebt, ſo daß, je größer die Zahl der Diameter, deſto mehr der Strom ſich dem Rande der Platte nähern wird. Es ſcheint nicht, daß die größere oder kleinere Zahl der ſchwingenden Theile Einfluß hat auf die Leichtigkeit, mit welcher die oſcillirende oder rotirende Bewegung ſich herausſtellen kann; man bemerkt ſie eben ſo, wenn der Umkreis der Platte ſich in vierzig oder funfzig Theile theilt, als wenn in weit weniger. Auch erfolgt ſie ebenſo leicht bei Scheiben von geringem, als von bedeutendem Durchmeſſer. Sie kann auch ſtattfinden, wenn die Art der Theilung aus diametralen Linien beſteht, welche durch eine oder mehre kreisrunde geſchnitten werden; aber dann werden die Linien letzterer Art feſt, und es kann vorkommen, daß die ſchwingenden Theile, welche ſich im Bereich der Kreislinie befinden, eine rotirende Bewegung annehmen, während die, welche draußen ſind, unbeweglich bleiben; ebenſo auch das Gegentheil; endlich kann es gleichfalls geſchehen, daß ſich alle auf einmal drehen, aber immer nach der nämlichen Seite. In dieſem letztern Falle bildet der Staub eben ſo viel Ströme, als kreisrunde Linien in der ſecundären Theilungsart erſcheinen, und alle dieſe Ströme ſind durch verſchiedene Geſchwindigkeiten belebt, wobei die dem Mittelpunkt der Scheibe nächſten ſich ſchneller bewegen, als die übrigen.''

,,Da die weſentliche Bedingung zur Hervorbringung dieſer Bewegung darin beſteht, daß die ſchwingenden Theile ihre Stellung verändern können, ohne daß die Zahl der Schwingungen verändert werde, ſo begreift man, daß man ſie bei den kreisrunden Platten nur wird hervorrufen können, wenn ſie diametrale Knotenlinien, ſey es dieſe allein, oder geſchnitten von Kreislinien, entwickeln; und es iſt klar, daß es rein unmöglich ſein wird ſie bei viereckigen, dreieckigen u. a. Platten zu erzeugen, deren ſchwingende Theile nicht wechſeln können, ohne daß auch die Anzahl der Schwingungen ſich verändert. Dagegen wird man ſie bei Ringen und Glocken ohne Klöppel, ſo wie bei den eigentlichen Glocken hervorbringen können, weil dieſe verſchiedenen Körper ein und derſelben Theilungsart fähig ſind, folglich auch ein und derſelben Schwingungszahl, welchen Punkt man auch als Erſchütterungsort wählen möge. Ebenſo ſind derſelben auch die kreisrunden Membranen fähig, ſelbſt wenn ſie durch Mittheilung erſchüttert werden, und der klingende Körper, von welchem die Schallwellen ausgehen, in derſelben Lage bleibt. Um letztern Verſuch zu machen, muß man bemerken, daß eine Membrane, welche durch Mittheilung ſchwingt, ſobald man ſie ſehr in der Nähe erſchüttert, nicht nur den Ton des mittheilenden Körpers verſtärken, ſondern auch einen von dem des Körpers unterſchiedenen Ton hervorbringen kann, obwohl die Töne beider Körper immer im Einklange bleiben; im letztern Falle wird eine Membrane ſehr leicht der Sitz einer

rotirenden Bewegung der ſchwingenden Theile. Der Staub, den man darauf ſtreut, belebt durch eine tangentiale Bewegung, bildet alsbald Arten von Strömen, die mit vieler Geſchwindigkeit, und bisweilen in ganz verſchiedenen Richtungen circuliren, letzteres aber nur, wenn die Spannung der Membrane ungleich iſt. Wenn der Wechſel der Stellung der ſchwingenden Theile ſich auf einfache Oſcillationen beſchränkt, ſo erhält das Ohr von ihrer Gegenwart Kunde durch das Abwechſeln in der Intenſität des Tons. Dieſes Abwechſeln hat man ſchon lange bemerkt bei den Glocken mit und ohne Klöppel, und namentlich bei den letztern, ohne daß man die Urſache davon wußte. Man kann ſich überzeugen, daß ſie von den Oſcillationen der ſchwingenden Theile herrühren, wenn man ein wenig Waſſer in ein Glöckchen gießt, und dieſes mit dem Bogen anſtreicht; man bemerkt, daß die Wellchen, welche ſich auf der Oberfläche der Flüſſigkeit, gegenüber jedem Schwingungsbauche bilden, der Sitz von Schwankungen ſind, welche mit den Abwechſelungen in der Intenſität des Tons zuſammenfallen, und daß die größte Stärke des Tons eintritt, ſo wie die ſchwingenden Theile die Grenze ihrer Ausweichung nach der einen Seite erreichen, dagegen die geringſte, wenn ſie die entgegengeſetzte Grenze berühren. In Bezug auf das Organ des Ohrs iſt der Erfolg derſelbe, mögen die ſchwingenden Theile nun unbeweglich bleiben in Bezug auf den tönenden Körper, oder der Körper ſelbſt Oscillationen um einen feſten Punkt herum hervorbringen. Tritt die rotirende Bewegung ein, ſo verſchwindet das Wechſeln in der Intenſität des Tons vollkommen, und der Ton bekommt nun einen beſondern Character, ohne daß man ſchätzen kann, ob er ſtärker iſt, als wenn die ſchwingenden Theile feſt ſind; ich habe nur zu bemerken geglaubt, daß er weniger rein war. Ohne Zweifel aber wird er höher, und zwar um ſo mehr, je ſchneller das Syſtem der ſchwingenden Theile ſich dreht; iſt die Zahl der Schwingungen beträchtlich, und der Körper von großen Dimenſionen, ſo kann der Klang faſt um einen Ton höher werden."

Schwingungen von Körpern, die nicht nach allen Seiten hin gleiche Elaſticität beſitzen. Chladni hatte von ſeinen erſten Verſuchen an erkannt, daß bei den hölzernen Scheiben die in den verſchiedenen Richtungen ſich nicht gleich bleibende Elaſticität die diametralen Knotenlinien verhindert, ihre Stellung zu verändern, und ſich nach allen Seiten hin um den Mittelpunkt zu bewegen, wie bei den Scheiben von Glas oder Metall. Dieſe auffallende bisher noch unerklärte Beobachtung nahm Savart zum Anhaltepunkt für eine neue Arbeit, über die er zwei Abhandlungen bekannt machte. Wenn die ungleichartige Elaſticität die einzige Urſache iſt, welche die diametralen Knotenlinien verhindert, ihre Stellung um den Mittelpunkt herum zu verändern, ſo kann man umgekehrt den Schluß machen, daß, wenn man ein und daſſelbe Knotenlinienſyſtem auf einer Platte feſtbegränzte Stellungen einnehmen ſieht, dieſe Platte nicht ein und dieſelbe Elaſticität nach allen Seiten hin parallel ihren Flächen beſitzt. Da nun aber kryſtalliſirte Subſtanzen z. B. der Bergkryſtall, der Kalkſpath u. a. nicht wie das Holz ſichtbare Spuren der Aufeinanderfolge ihrer Lagen

oder Streifen zeigen, ſo begreift man, daß es möglich wird, zu erkennen, ob ihre Elaſticität nach allen Seiten hin dieſelbe iſt; denn dazu reicht hin, ſie in Blättchen zu ſchneiden, dieſe ſchwingen zu laſſen, und zu beobachten, ob ein und daſſelbe Knotenlinienſyſtem vorzugsweiſe gewiſſe Stellungen um das Centrum herum einnimmt. Savart machte zu dieſem Zwecke folgende Verſuche. Er hatte bemerkt, daß, wenn man eine homogene elliptiſche Platte von Glas oder Metall (Fig. 202.) ſchwingen läßt, das Syſtem der beiden diametralen perpendiculären Linien ſich unabweichlich gemäß den Richtungen der großen Axe AA′ und der kleinen Axe BB′ aufſtellt, und daß, will man durchaus die Richtung dieſes Syſtems verändern, indem man einen der äußerſten Punkte dieſer Axen erſchüttert, dieß zwar geſchieht, aber nicht ohne Störung des ganzen Syſtems, denn es verwandelt ſich in eine Art von Hyperbel HH′ und YY′, deren erſte Axe ſich nach der Hauptaxe der Ellipſe richtet; der Ton aber wird tiefer. Es bedarf eines größern Kraftaufwandes, um die Ellipſe nach AA′ zu wenden, als nach BB′; mithin richtet ſich die erſte Axe der Hyperbel nach dem größten Widerſtande in der Biegung. Eine Zinnplatte zeigt ähnliche Phänomene, wenn man nach einer Richtung ihre Elaſticität durch mehre parallele Sägenſchnitte vermindert, die nur einen Theil ihrer Dicke aufgehoben haben. Bey dieſem Zuſtand kann das Syſtem der beiden diametralen perpendiculären Linien ſich nicht mehr um den Mittelpunkt drehen; die eine der Linien bleibt faſt in der Richtung parallel den Sägenſchnitten, und die andre perpendiculär. Aber erſchüttert man dieſe Punkte, ſo bildet ſich das Syſtem um, und wird eine Hyperbel, deren Hauptaxe noch in der Richtung des größten Widerſtandes in der Biegung ſich erſtreckt. Um hiernächſt die Phänomene zu ſtudiren, welche die Platten zeigen, deren Elaſticität gradweiſe nach ihren perpendiculären oder in verſchiedenen Richtungen wechſelt, ſchnitt Savart eine große Menge kreisförmiger Platten, deren parallele Oberflächen er mehr oder weniger gegen die Ebene der Faſern oder gegen die Faſern ſelbſt neigte. Geſetzt z. B. CC′ (Fig. 203.) ſtellt einen Würfel von Buchenholz vor, deſſen Oberfläche parallel der Ebene der Faſern ſei, während die Fläche T perpendiculär auf ihren Schnitt, und die Fläche B perpendiculär auf die Enden der Faſern iſt. Hat man nun mehre ähnliche Würfel, die alle fehlerfrei, aus demſelben Stück Buche geſchnitten, und unter ſich vollkommen homogen ſind, ſo kann man daraus Platten von derſelben Stärke und demſelben Halbmeſſer ſchneiden, die man dann vergleichen kann, als wären ſie alle von einem und demſelben Würfel; die einen ſchneide man perpendiculär gegen die Fläche P, in den Richtungen PM, PM′, PD, und in den dazwiſchen liegenden Richtungen; die anderen perpendiculär gegen die Fläche T, ebenfalls in den Richtungen TM, TM″, TD u. ſ. w., andere endlich perpendiculär der Fläche B, und ebenſo nach den Richtungen BM′, BM″, BD u. ſ. w. Indem Savart dieſe ſämmtlichen Platten ſchwingen ließ, lediglich um das Syſtem der perpendiculären diametralen Knotenlinien, oder das der beiden hyperboliſchen Linien zu erhalten, fand er merkwürdige Verbindungen zwiſchen den Stellungen dieſer Syſteme, und den Richtungen der ver-

ſchiedenen Axen der Elaſtictiät des Buchenholzes. Er erkannte, daß die Schwingungszahlen nur indirect mit den Theilungsarten verknüpft ſeien; denn zwei ähnliche Knotenfiguren können durch verſchiedene Töne hervorgebracht werden, und ebenſo kann umgekehrt ein und derſelbe Ton bei zwei verſchiedenen Knotenfiguren erfolgen. Endlich bei den aus heterogenen (wenn auch in der Maſſe gleichen) Beſtandtheilen zuſammengeſetzten Platten, ſind alle Theilungsarten doppelt, d. h. jede Theilungsart, beſonders betrachtet, kann ſich immer, obſchon ſie allemal mehr oder minder beträchtliche Veränderungen erleidet, in zwei beſtimmten Stellungen offenbaren.

Indem Savart drei kleine prismatiſche Stäbe mit viereckigen Baſen, welche in ähnliche Würfel, wie die früheren, und nach den Richtungen DC′, DF, DR, geſchnitten waren, ſchwingen ließ, leitete er aus den Tönen, welche dieſe Stäbe gaben, das Verhältniß des Widerſtandes ab, welchen das Buchenholz der Biegung an dieſen drei rectangulären Richtungen entgegenſetzt. Er fand, daß, wenn der der Biegung in der Richtung DC′ geleiſtete Widerſtand = 1 geſetzt wird, dieſer Widerſtand in der Richtung DR = 2,25 und nach DF = 16 betrage.

Aehnliche Forſchungen ſtellte Savart mit dem Bergkryſtall an. Man weiß, daß dieſe Subſtanz in der Natur ſehr häufig in der Geſtalt eines 6ſeitigen Prismas, auslaufend in zwei Pyramiden vorkommt (Fig. 204.). Die Linie SS′, welche die beiden Spitzen der Pyramiden verbindet, iſt die Axe des Kryſtalls. Da nun bei den Platten, perpendiculär auf dieſe Axe, das Syſtem der beiden diametralen perpendiculären Knotenlinien ſich im Allgemeinen ohne merkliche Störung um den Mittelpunkt zu drehen vermag, ſo geht daraus hervor, daß die Elaſticität nach allen Halbmeſſern hin ohngefähr die nämliche iſt. Die Blättchen, welche der Axe parallel geſchnitten ſind, haben nicht alle *dieſelbe* Elaſticität. Diejenigen, welche durch die Axe und einen der Radien des Schnittes ABCDEF des Prismas (Fig. 205.) hindurchgehen, geben perpendiculäre Knotenlinien, oder das Syſtem der Hyperbeln, während die, welche durch die Axe und die Seite OP des vorhergehenden Schnittes gehen, nur zwey einigermaßen ähnliche, gleichwohl verſchiedenen Tönen entſprechende Hyperbelſyſteme zeigen. Die Axen dieſer Hyperbeln ſcheinen unter ſich einen Winkel von 51 oder 52° zu machen. Andere in verſchiedenen Richtungen geſchnittene Platten geben auch noch verſchiedenere Reſultate, und Savart ſah ſich durch ſämmtliche Verſuche über den Bergkryſtall zu dem Schluß veranlaßt, daß derſelbe drei Syſteme von Elaſticität, jedes durch drei Linien dargeſtellt beſitze. Er verſuchte ſelbſt, durch ſcharfſinnige Betrachtungen ihre Richtungen abzuleiten, doch würde das Eingehn in die Details dieſer Unterſuchung hier zu weit führen.

Aus dem Vorhergehenden iſt unwiderſprechlich klar, daß feſte Maſſen jeder Art in Schwingungen gerathen können, ebenſo wie die Stäbe, die Platten, oder die Membranen, und daß ſie während ihrer Bewegungen ſich in verſchiedene ſchwingende Parthien theilen, die von einander durch mehr oder minder unregelmäßige Knotenoberflächen getrennt ſind. So kann man, wenn ein Block von Holz, Stein oder

Eiſen unter dem Schlage des Hammers tönt, in Gedanken die Eindrücke verfolgen, welche ſich nach allen Richtungen hin von dem erſten Atom, das den Schlag empfängt, bis zu dem entfernteſten mittheilen, und dieſes Ausſtrömen der Bewegung geſchieht, wie in der Luftſäule, durch verdichtete oder verdünnte Wellen; nur ſind die Wellen um ſo kürzer, je größer die Elaſticität der Materie iſt. Will man aber einigermaßen bedeutende Maſſen erſchüttern, und aus ihnen reine und gehaltene Töne hervorbringen, ſo ſtößt man immer auf große Schwierigkeiten, und hierin liegt ohne Zweifel der Grund, weßhalb man bis jetzt noch ſo wenig Verſuche über dieſen Gegenſtand hat. Maſſen von verſchiedener Subſtanz und den verſchiedenſten Formen würden inzwiſchen Theilungsarten und Züge von Knotenlinien zeigen, die gewiß das ſicherſte Mittel zur Erforſchung ihrer innern Structur und aller Verhältniſſe ihrer Elaſticität wären.

Die Körper können in den verſchiedenen elaſtiſchen, und ſelbſt in den verſchiedenen tropfbaren Flüſſigkeiten ſchwingen, wie in der Luft; allein man begreift, daß die Trägheit und der Widerſtand des umgebenden Mittels einen Einfluß auf die Raſchheit der Schwingungen, folglich auch auf ihre Zahl und den Ton des daraus entſtehenden Schalles haben müſſen. Dieſer Einfluß iſt um ſo größer, je bedeutender die flüſſige Maſſe iſt, die der feſte Körper bei ſeinen Bewegungen verdrängen muß. Ebenſo müſſen die Schwingungen perpendiculär gegen die Oberfläche der Verbindung eines feſten und flüſſigen Körpers weit modificirter ſein, als die Schwingungen, welche im Verhältniß zu dieſer Oberfläche nur Tangenten ſind. So erfuhr z. B. Savart, daß eine Glasſcheibe, die er durch ein kleines an ihrem Mittelpunkt und perpendiculär gegen ihre Oberfläche befeſtigtes Rohr in Bewegung ſetzte, im Waſſer einen viel tieferen Ton gab, als in der Luft; die früher beobachteten concentriſchen Knotenlinien blieben nicht mehr dieſelben; im Waſſer entfernten ſie ſich vom Centrum. Dieſe Erſcheinung, welche ſehr merkbar iſt, ſobald man von der Luft zum Waſſer übergeht, muß ſich auch, wiewohl minder intenſiv zeigen, ſobald man denſelben Körper nach und nach in den ihrer Natur oder nur ihrer Dichtigkeit nach verſchiedenen elaſtiſchen Flüſſigkeiten ſchwingen läßt.

Viel unbedeutender ſind dieſe Verſchiedenheiten bey den tangentialen Schwingungen; ſo gibt eine Platte oder ein Stab, der ſeiner Länge nach ſchwingt, merkbar denſelben Ton, man mag ihn in Luft, in Waſſer, oder ſelbſt in Queckſilber eintauchen. Es leuchtet ein, daß dieſe letztere Art der Schwingung die einzige iſt, welche ſich zur Vergleichung der verſchiedenen Flüſſigkeiten in Bezug auf die Leichtigkeit, mit welcher ſie die Töne fortpflanzen, anwenden läßt; denn da die Töne, welche durch die Normalſchwingungen entſtehen, in den verſchiedenen Mitteln verſchieden ſind, ſo hat man kein genaues Vergleichungsmittel mehr.

Wenn zwei feſte unter dem Waſſer angeſtoßene Körper ein Geräuſch hervorbringen, welches in die Ferne tönt, ſo wird der flüſſige direct an allen den Punkten in Bewegung geſetzt, wo er die Oberflächen der ſchwingenden feſten Körper berührt, ganz wie die Gaſe durch die Erzitterungen einer Glocke. Durch einen directen Stoß alſo können die

normalen Schwingungen der Scheiben, und die obenerwähnten Längenſchwingungen der Stäbe das Waſſer, Queckſilber und andere Flüſſigkeiten in ſchwingende Bewegung ſetzen. So könnte man glauben, der Anſtoß feſter Körper ſei für die Schwingungen flüſſiger unerläßlich. Allein das Spiel der Sirene kann im Waſſer und ohne Zweifel auch in andern Flüſſigkeiten klangreiche Schwingungen hervorbringen, welche anderen Urſprungs ſind. Man macht den Verſuch auf folgende Weiſe: VV′ (Fig. 206.) iſt ein breites und tiefes Gefäß, in welchem man bei S eine Sirene befeſtigt; die Windröhre T iſt verſchloſſen durch einen Hahn R und wird hier zu einer Waſſerröhre, denn ſie ſteht in Verbindung mit einem bleiernen Rohr P, das, mit Waſſer gefüllt, von einem 12 — 15 Fuß höher ſtehenden Behälter herunter kömmt. Iſt der Apparat in Ordnung, ſo bringt man in das Gefäß VV′ Waſſer bis an die bewegliche Platte der Sirene; man öffnet den Hahn R, und im Augenblick, wo das Waſſer ſpringt, dreht ſich die Platte, und man hört einen ſehr deutlichen Ton. Man könnte meinen, dieſer Ton theile ſich durch die das Niveau überragenden Theile des Inſtruments mit; allein auch dieſe Theile werden ſehr bald ſelbſt durch das nachſtürzende Waſſer bedeckt, und ſelbſt, wenn der ganze Apparat mehre Zoll hoch unter Waſſer ſteht, läßt ſich der Ton noch hören, und erſcheint ſogar reiner und gehaltener. Die Flüſſigkeit, welche anfangs in die Löcher des Deckels und der Scheibe geſtoßen, dann aufgehalten, dann wieder eingeſtoßen und aufgehalten wird und ſo fort im ſchnellen Wechſel, erfährt genau daſſelbe, wie die Gaſe unter denſelben Umſtänden (ſ. oben).

Es giebt ohne Zweifel noch andere Mittel, um in den Flüſſigkeiten klangreiche Schwingungen ohne den Anſtoß feſter Körper hervorzubringen; man weiß z. B., daß ein mitten in eine Flüſſigkeit hineingeleiteter Strom electriſcher Funken einen reinen gehaltenen Ton hervorbringt; ſo könnte man vielleicht vermittelſt eines Apparates mitten im Waſſer kleine, raſch auf einander folgende Blaſen aus einer Miſchung von Sauer- und Waſſerſtoffgas entzünden, und dadurch ein ſehr intenſives Geräuſch hervorbringen, ohne andere feſte Körper anzuwenden, als die beiden Enden des dünnen Drahts, der die Electricität leitet; auch könnte man an ihre Stelle kleine Queckſilberſäulen ſetzen, umſchloſſen von Röhren aus einer ſehr wenig elaſtiſchen Maſſe. —

Wir ſahen ſchon, wie man in der Luft Schwingungen durch Exploſion eines detonirenden Pulvers, oder durch das Anſtoßen eines elaſtiſchen Körpers, wie einer Glocke, einer Keſſelpauke, oder durch rapide Schwingungen von Saiten, Stäben, oder Platten hervorbringen könne. Auch zeigten wir ſchon, wie die dünne Luftſchicht, welche ſich an dem Kern der Pfeife oder Orgelflöte bricht, eine Schwankung in der ganzen anſtoßenden Luftſäule bedingt, der Wechſel des Druckes, welcher einen Punkt dieſer elaſtiſchen Säule trifft, ſich ihr in ihrem ganzen Umfange mittheilt, alle Spannkräfte der Beſtandtheilchen gegen einander wirken, und die Säule in ihrer ganzen Ausdehnung, aus demſelben Grunde, wie ein feſter Cylinder, der an irgend einem Punkte erſchüttert wird, in ſeiner ganzen Maſſe ſchwingt. Es iſt ferner dieſelbe Erſcheinung, welche bei der Flöte und bei dem Brummkreiſel (Mönch) auftritt, mit

oder Streifen zeigen, ſo begreift man, daß es möglich wird, zu erkennen, ob ihre Elaſticität nach allen Seiten hin dieſelbe iſt; denn dazu reicht hin, ſie in Blättchen zu ſchneiden, dieſe ſchwingen zu laſſen, und zu beobachten, ob ein und daſſelbe Knotenlinienſyſtem vorzugsweiſe gewiſſe Stellungen um das Centrum herum einnimmt. Savart machte zu dieſem Zwecke folgende Verſuche. Er hatte bemerkt, daß, wenn man eine homogene elliptiſche Platte von Glas oder Metall (Fig. 202.) ſchwingen läßt, das Syſtem der beiden diametralen perpendiculären Linien ſich unabweichlich gemäß den Richtungen der großen Axe AA′ und der kleinen Axe BB′ aufſtellt, und daß, will man durchaus die Richtung dieſes Syſtems verändern, indem man einen der äußerſten Punkte dieſer Axen erſchüttert, dieß zwar geſchieht, aber nicht ohne Störung des ganzen Syſtems, denn es verwandelt ſich in eine Art von Hyperbel HH′ und YY′, deren erſte Axe ſich nach der Hauptaxe der Ellipſe richtet; der Ton aber wird tiefer. Es bedarf eines größern Kraftaufwandes, um die Ellipſe nach AA′ zu wenden, als nach BB′; mithin richtet ſich die erſte Axe der Hyperbel nach dem größten Widerſtande in der Biegung. Eine Zinnplatte zeigt ähnliche Phänomene, wenn man nach einer Richtung ihre Elaſticität durch mehre parallele Sägenſchnitte vermindert, die nur einen Theil ihrer Dicke aufgehoben haben. Bey dieſem Zuſtand kann das Syſtem der beiden diametralen perpendiculären Linien ſich nicht mehr um den Mittelpunkt drehen; die eine der Linien bleibt faſt in der Richtung parallel den Sägenſchnitten, und die andre perpendiculär. Aber erſchüttert man dieſe Punkte, ſo bildet ſich das Syſtem um, und wird eine Hyperbel, deren Hauptaxe noch in der Richtung des größten Widerſtandes in der Biegung ſich erſtreckt. Um hiernächſt die Phänomene zu ſtudiren, welche die Platten zeigen, deren Elaſticität gradweiſe nach ihren perpendiculären oder in verſchiedenen Richtungen wechſelt, ſchnitt Savart eine große Menge kreisförmiger Platten, deren parallele Oberflächen er mehr oder weniger gegen die Ebene der Faſern oder gegen die Faſern ſelbſt neigte. Geſetzt z. B. CC′ (Fig. 203.) ſtellt einen Würfel von Buchenholz vor, deſſen Oberfläche parallel der Ebene der Faſern ſei, während die Fläche T perpendiculär auf ihren Schnitt, und die Fläche B perpendiculär auf die Enden der Faſern iſt. Hat man nun mehre ähnliche Würfel, die alle fehlerfrei, aus demſelben Stück Buche geſchnitten, und unter ſich vollkommen homogen ſind, ſo kann man daraus Platten von derſelben Stärke und demſelben Halbmeſſer ſchneiden, die man dann vergleichen kann, als wären ſie alle von einem und demſelben Würfel; die einen ſchneide man perpendiculär gegen die Fläche P, in den Richtungen PM, PM′, PD, und in den dazwiſchen liegenden Richtungen; die anderen perpendiculär gegen die Fläche T, ebenfalls in den Richtungen TM, TM″, TD u. ſ. w., andere endlich perpendiculär der Fläche B, und ebenſo nach den Richtungen BM′, BM″, BD u. ſ. w. Indem Savart dieſe ſämmtlichen Platten ſchwingen ließ, lediglich um das Syſtem der perpendiculären diametralen Knotenlinien, oder das der beiden hyperboliſchen Linien zu erhalten, fand er merkwürdige Verbindungen zwiſchen den Stellungen dieſer Syſteme, und den Richtungen der ver-

ſchiedenen Axen der Elaſticität des Buchenholzes. Er erkannte, daß die Schwingungszahlen nur indirect mit den Theilungsarten verknüpft ſeien; denn zwei ähnliche Knotenfiguren können durch verſchiedene Töne hervorgebracht werden, und ebenſo kann umgekehrt ein und derſelbe Ton bei zwei verſchiedenen Knotenfiguren erfolgen. Endlich bei den aus heterogenen (wenn auch in der Maſſe gleichen) Beſtandtheilen zuſammengeſetzten Platten, ſind alle Theilungsarten doppelt, d. h. jede Theilungsart, beſonders betrachtet, kann ſich immer, obſchon ſie allemal mehr oder minder beträchtliche Veränderungen erleidet, in zwei beſtimmten Stellungen offenbaren.

Indem Savart drei kleine prismatiſche Stäbe mit viereckigen Baſen, welche in ähnliche Würfel, wie die früheren, und nach den Richtungen DC′, DF, DR, geſchnitten waren, ſchwingen ließ, leitete er aus den Tönen, welche dieſe Stäbe gaben, das Verhältniß des Widerſtandes ab, welchen das Buchenholz der Biegung an dieſen drei rectangulären Richtungen entgegenſetzt. Er fand, daß, wenn der der Biegung in der Richtung DC′ geleiſtete Widerſtand = 1 geſetzt wird, dieſer Widerſtand in der Richtung DR = 2,25 und nach DF = 16 betrage.

Aehnliche Forſchungen ſtellte Savart mit dem Bergkryſtall an. Man weiß, daß dieſe Subſtanz in der Natur ſehr häufig in der Geſtalt eines 6ſeitigen Prismas, auslaufend in zwei Pyramiden vorkommt (Fig. 204.). Die Linie SS′, welche die beiden Spitzen der Pyramiden verbindet, iſt die Axe des Kryſtalls. Da nun bei den Platten, perpendiculär auf dieſe Axe, das Syſtem der beiden diametralen perpendiculären Knotenlinien ſich im Allgemeinen ohne merkliche Störung um den Mittelpunkt zu drehen vermag, ſo geht daraus hervor, daß die Elaſticität nach allen Halbmeſſern hin ohngefähr die nämliche iſt. Die Blättchen, welche der Axe parallel geſchnitten ſind, haben nicht alle *dieſelbe* Elaſticität. Diejenigen, welche durch die Axe und einen der Radien des Schnittes ABCDEF des Prismas (Fig. 205.) hindurchgehen, geben perpendiculäre Knotenlinien, oder das Syſtem der Hyperbeln, während die, welche durch die Axe und die Seite OP des vorhergehenden Schnittes gehen, nur zwey einigermaßen ähnliche, gleichwohl verſchiedenen Tönen entſprechende Hyperbelſyſteme zeigen. Die Axen dieſer Hyperbeln ſcheinen unter ſich einen Winkel von 51 oder 52° zu machen. Andere in verſchiedenen Richtungen geſchnittene Platten geben auch noch verſchiedenere Reſultate, und Savart ſah ſich durch ſämmtliche Verſuche über den Bergkryſtall zu dem Schluß veranlaßt, daß derſelbe drei Syſteme von Elaſticität, jedes durch drei Linien dargeſtellt beſitze. Er verſuchte ſelbſt, durch ſcharfſinnige Betrachtungen ihre Richtungen abzuleiten, doch würde das Eingehn in die Details dieſer Unterſuchung hier zu weit führen.

Aus dem Vorhergehenden iſt unwiderſprechlich klar, daß feſte Maſſen jeder Art in Schwingungen gerathen können, ebenſo wie die Stäbe, die Platten, oder die Membranen, und daß ſie während ihrer Bewegungen ſich in verſchiedene ſchwingende Parthien theilen, die von einander durch mehr oder minder unregelmäßige Knotenoberflächen getrennt ſind. So kann man, wenn ein Block von Holz, Stein oder

Eiſen unter dem Schlage des Hammers tönt, in Gedanken die Eindrücke verfolgen, welche ſich nach allen Richtungen hin von dem erſten Atom, das den Schlag empfängt, bis zu dem entfernteſten mittheilen, und dieſes Ausſtrömen der Bewegung geſchieht, wie in der Luftſäule, durch verdichtete oder verdünnte Wellen; nur ſind die Wellen um ſo kürzer, je größer die Elaſticität der Materie iſt. Will man aber einigermaßen bedeutende Maſſen erſchüttern, und aus ihnen reine und gehaltene Töne hervorbringen, ſo ſtößt man immer auf große Schwierigkeiten, und hierin liegt ohne Zweifel der Grund, weßhalb man bis jetzt noch ſo wenig Verſuche über dieſen Gegenſtand hat. Maſſen von verſchiedener Subſtanz und den verſchiedenſten Formen würden inzwiſchen Theilungsarten und Züge von Knotenlinien zeigen, die gewiß das ſicherſte Mittel zur Erforſchung ihrer innern Structur und aller Verhältniſſe ihrer Elaſticität wären.

Die Körper können in den verſchiedenen elaſtiſchen, und ſelbſt in den verſchiedenen tropfbaren Flüſſigkeiten ſchwingen, wie in der Luft; allein man begreift, daß die Trägheit und der Widerſtand des umgebenden Mittels einen Einfluß auf die Raſchheit der Schwingungen, folglich auch auf ihre Zahl und den Ton des daraus entſtehenden Schalles haben müſſen. Dieſer Einfluß iſt um ſo größer, je bedeutender die flüſſige Maſſe iſt, die der feſte Körper bei ſeinen Bewegungen verdrängen muß. Ebenſo müſſen die Schwingungen perpendiculär gegen die Oberfläche der Verbindung eines feſten und flüſſigen Körpers weit modificirter ſein, als die Schwingungen, welche im Verhältniß zu dieſer Oberfläche nur Tangenten ſind. So erfuhr z. B. Savart, daß eine Glasſcheibe, die er durch ein kleines an ihrem Mittelpunkt und perpendiculär gegen ihre Oberfläche befeſtigtes Rohr in Bewegung ſetzte, im Waſſer einen viel tieferen Ton gab, als in der Luft; die früher beobachteten concentriſchen Knotenlinien blieben nicht mehr dieſelben; im Waſſer entfernten ſie ſich vom Centrum. Dieſe Erſcheinung, welche ſehr merkbar iſt, ſobald man von der Luft zum Waſſer übergeht, muß ſich auch, wiewohl minder intenſiv zeigen, ſobald man denſelben Körper nach und nach in den ihrer Natur oder nur ihrer Dichtigkeit nach verſchiedenen elaſtiſchen Flüſſigkeiten ſchwingen läßt.

Viel unbedeutender ſind dieſe Verſchiedenheiten bey den tangentialen Schwingungen; ſo gibt eine Platte oder ein Stab, der ſeiner Länge nach ſchwingt, merkbar denſelben Ton, man mag ihn in Luft, in Waſſer, oder ſelbſt in Queckſilber eintauchen. Es leuchtet ein, daß dieſe letztere Art der Schwingung die einzige iſt, welche ſich zur Vergleichung der verſchiedenen Flüſſigkeiten in Bezug auf die Leichtigkeit, mit welcher ſie die Töne fortpflanzen, anwenden läßt; denn da die Töne, welche durch die Normalſchwingungen entſtehen, in den verſchiedenen Mitteln verſchieden ſind, ſo hat man kein genaues Vergleichungsmittel mehr.

Wenn zwei feſte unter dem Waſſer angeſtoßene Körper ein Geräuſch hervorbringen, welches in die Ferne tönt, ſo wird der flüſſige direct an allen den Punkten in Bewegung geſetzt, wo er die Oberflächen der ſchwingenden feſten Körper berührt, ganz wie die Gaſe durch die Erzitterungen einer Glocke. Durch einen directen Stoß alſo können die

normalen Schwingungen der Scheiben, und die obenerwähnten Längenſchwingungen der Stäbe das Waſſer, Queckſilber und andere Flüſſigkeiten in ſchwingende Bewegung ſetzen. So könnte man glauben, der Anſtoß feſter Körper ſei für die Schwingungen flüſſiger unerläßlich. Allein das Spiel der Sirene kann im Waſſer und ohne Zweifel auch in andern Flüſſigkeiten klangreiche Schwingungen hervorbringen, welche anderen Urſprungs ſind. Man macht den Verſuch auf folgende Weiſe: V V′ (Fig. 206.) iſt ein breites und tiefes Gefäß, in welchem man bei S eine Sirene befeſtigt; die Windröhre T iſt verſchloſſen durch einen Hahn R und wird hier zu einer Waſſerröhre, denn ſie ſteht in Verbindung mit einem bleiernen Rohr P, das, mit Waſſer gefüllt, von einem 12 — 15 Fuß höher ſtehenden Behälter herunter kömmt. Iſt der Apparat in Ordnung, ſo bringt man in das Gefäß V V′ Waſſer bis an die bewegliche Platte der Sirene; man öffnet den Hahn R, und im Augenblick, wo das Waſſer ſpringt, dreht ſich die Platte, und man hört einen ſehr deutlichen Ton. Man könnte meinen, dieſer Ton theile ſich durch die das Niveau überragenden Theile des Inſtruments mit; allein auch dieſe Theile werden ſehr bald ſelbſt durch das nachſtürzende Waſſer bedeckt, und ſelbſt, wenn der ganze Apparat mehre Zoll hoch unter Waſſer ſteht, läßt ſich der Ton noch hören, und erſcheint ſogar reiner und gehaltener. Die Flüſſigkeit, welche anfangs in die Löcher des Deckels und der Scheibe geſtoßen, dann aufgehalten, dann wieder eingeſtoßen und aufgehalten wird und ſo fort im ſchnellen Wechſel, erfährt genau daſſelbe, wie die Gaſe unter denſelben Umſtänden (ſ. oben).

Es giebt ohne Zweifel noch andere Mittel, um in den Flüſſigkeiten klangreiche Schwingungen ohne den Anſtoß feſter Körper hervorzubringen; man weiß z. B., daß ein mitten in eine Flüſſigkeit hineingeleiteter Strom electriſcher Funken einen reinen gehaltenen Ton hervorbringt; ſo könnte man vielleicht vermittelſt eines Apparates mitten im Waſſer kleine, raſch auf einander folgende Blaſen aus einer Miſchung von Sauer- und Waſſerſtoffgas entzünden, und dadurch ein ſehr intenſives Geräuſch hervorbringen, ohne andere feſte Körper anzuwenden, als die beiden Enden des dünnen Drahts, der die Electricität leitet; auch könnte man an ihre Stelle kleine Queckſilberſäulen ſetzen, umſchloſſen von Röhren aus einer ſehr wenig elaſtiſchen Maſſe. —

Wir ſahen ſchon, wie man in der Luft Schwingungen durch Exploſion eines detonirenden Pulvers, oder durch das Anſtoßen eines elaſtiſchen Körpers, wie einer Glocke, einer Keſſelpauke, oder durch rapide Schwingungen von Saiten, Stäben, oder Platten hervorbringen könne. Auch zeigten wir ſchon, wie die dünne Luftſchicht, welche ſich an dem Kern der Pfeife oder Orgelflöte bricht, eine Schwankung in der ganzen anſtoßenden Luftſäule bedingt, der Wechſel des Druckes, welcher einen Punkt dieſer elaſtiſchen Säule trifft, ſich ihr in ihrem ganzen Umfange mittheilt, alle Spannkräfte der Beſtandtheilchen gegen einander wirken, und die Säule in ihrer ganzen Ausdehnung, aus demſelben Grunde, wie ein feſter Cylinder, der an irgend einem Punkte erſchüttert wird, in ſeiner ganzen Maſſe ſchwingt. Es iſt ferner dieſelbe Erſcheinung, welche bei der Flöte und bei dem Brummkreiſel (Mönch) auftritt, mit

dem einzigen Unterſchied, daß im erſtern Falle die Luft gegen den Rand der Oeffnung, im zweiten die Oeffnung ſelbſt gegen die Luft vermöge der drehenden Bewegung des Inſtruments getrieben wird. Bei den Lockpfeifen, deren ſich die Jäger bedienen, um das Geſchrei der Vögel nachzuahmen (Fig. 207. und 208.) iſt die Erſcheinung etwas verwickelter. Die Schwingungen werden gleichfalls durch einen Luftſtrom hervorgebracht, aber hier reißt der Strom in ſeiner Bewegung einen Theil der Flüſſigkeit mit ſich fort, welche in der Hohlung des Apparats enthalten iſt, und da das ſo verdünnte Fluidum den Druck der atmoſphäriſchen Luft nicht mehr auszuhalten vermag, ſo kehrt die äußere Luft, und zwar im Uebermaß, zurück; jetzt entſteht eine neue Verdünnung, durch das Fortreißen des Stroms ein neuer Wiedereintritt beſtimmt durch den äußeren Druck, und ſo fort. So vervollſtändigt alſo die ganze in der Hohlung befindliche bald verdünnte, bald zuſammengepreßte Luftmaſſe die Schwingungen, welche ſich dann nach außen mittheilen.

Durch ein ähnliches Spiel erklärt Cagniard de la Tour die hohen und verſchiedenen Töne, welche man durch das Pfeifen mit dem Munde hervorbringen kann. Die geſpitzten und etwas zuſammengepreßten Lippen bilden gewiſſermaßen das Mundſtück der Lockpfeife (Fig. 207.) und es entſtehen Schwingungen, weil die Luft wechſelsweiſe durch den Strom verdünnt, und durch den äußeren Druck zuſammengepreßt wird. In der That kann man ohngefähr dieſelben Töne hervorbringen, mag man nun die Luft einziehen, oder durch einen entgegengeſetzten Strom ausſtoßen; und Cagniard de la Tour brachte es ſelbſt ſo weit, alle Töne der natürlichen Pfeife ſehr gut nachzuahmen, indem er ganz einfach in eine Glasröhre hineinbließ, deren eines Ende zum Theil durch eine kleine Korkſcheibe geſchloſſen war, in deren Mitte er eine kreisrunde Oeffnung gelaſſen hatte (Fig. 209.). Der Ton iſt ohngefähr derſelbe, mag man nun beim Blaſen das eine oder das andere Ende in den Mund nehmen. Nur bedarf es langer Verſuche, ehe man das richtige Verhältniß der Dicke der Korkſcheibe zur Weite der Oeffnung, welche man in ihren Mittelpunkt hineinbohrt, findet. Eine eigenthümliche Tonerzeugung findet bei der ſogenannten chemiſchen Harmonika (ſ. Bd. III. S. 6.) ſtatt.

Endlich kann man in einer beſtimmten Maſſe Luft Töne durch Mittheilung hervorbringen, d. i. mittelſt eines andern in einiger Entfernung hervorgerufenen Tons. Jedermann weiß, daß gewiſſe Töne der Stimme anſchwellen, und viel an Dichtigkeit gewinnen, ſobald man ſie vor einem offenen hinreichend großen Gefäß entſtehen läßt. Hier ſchwingt die Luft im Gefäß, und ſchwingt im Einklang mit der Stimme, der ſie größere Kraft und Schärfe verleiht. Da ein und dieſelbe Maſſe Luft mehre Arten der Schwingungen annimmt, ſo wird, um ſie ſchwingen zu machen, hinreichend ſein, in einiger Entfernung einen der Töne, die ſie wiedergeben kann, hervorzubringen. Um indeß dieſer Erſcheinung mehr Regelmäßigkeit zu verleihen, machte Savart die Erfindung, zwei Röhren von 4 — 5 Zoll Durchmeſſer und einem Fuß Länge, deren eine über die andere paßte, wie die Röhre eines Fernrohrs, mit einander zu verbinden. Sie können entweder an beiden Enden ganz offen

ſein, oder auch die eine offen, und die andere geſchloſſen. Durch dieſes Mittel kann man nach Gefallen die ſchwingende Luftſäule verändern, alſo geſchickt machen, jeden an ihrem offenen Ende hervorgebrachten Ton eines Glöckchens, einer Glocke mit Klöppel, oder lediglich einer ſchwingenden Platte zu verſtärken. Die Töne, welche erfolgen, ſind von einer Stärke und Rundung, welche beim erſtmaligen Hören in Verwundrung ſetzt. Eine weite und kurze Röhre hat die bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit, mit mehr oder weniger Intenſität ſehr verſchiedene Töne aus der Nähe zu verſtärken, während eine lange und enge Röhre nur einen beſtimmten Ton und die mit ihm harmoniſchen Töne verſtärken kann, hingegen etwas tiefere oder etwas höhere Töne ihr keine merkliche Schwingung mittheilen. Dieſe Art der Erſchütterung der Luft in Röhren bietet nicht die complicirte Erſcheinung, die ſich bei der gewöhnlichen Weiſe wegen des Einfluſſes des Mundloches zeigt, und kann mit Vortheil bei mehren wichtigen Verſuchen über die Schwingungen der Gaſe angewendet werden.

Aus den Verſuchen von Savart geht hervor, daß die Richtung des Windes keinen Einfluß auf die Töne hat, welche die prismatiſchen Röhren von verſchiedener Form und ſelbſt die ſphäriſchen Höhlungen geben können. In einer prismatiſchen Röhre z. B. mit viereckiger Baſis, wo das Mundloch dieſelben Dimenſionen hat, wird der hervorgebrachte Ton immer derſelbe bleiben, mag man nun als Kern das Ende von einer der Seitenwände, oder einen der Ränder der Baſis nehmen, und alle dazwiſchen liegenden Richtungen des Windes werden noch denſelben Ton hervorbringen. Dagegen haben die Größe und Stellung des Mundloches einen großen Einfluß. Wir haben ſchon bemerkt, daß man durch Vermehrung der Breite des Mundlochs, d. i. der Entfernung der beiden Labien die Röhre fähiger macht, den Grundton hervorzubringen, dagegen durch Verminderung derſelben faſt ſicher die Octave erhält, aber die Länge des Mundlochs übt einen andern Einfluß aus. Nimmt man z. B. eine prismatiſche viereckige Röhre, deren Mundloch die ganze Länge einer Seite der Baſis einnehme, ſo wird man ſehen, daß der Ton um ſo tiefer werden wird, je kürzer das Mundloch, ſo daß er ſogar um eine Sexte oder Septime fallen kann, beſonders wenn die Röhre beinahe kubiſch iſt. Ohne Zweifel um einen ähnlichen Effect zu erhalten, bringen die Orgelbauer zwiſchen den beiden Winkeln des Mundlochs der Pfeifen kleine Bleiplatten an, die ſie zerſägen oder herausnehmen, um den Accord zu erhalten. Dieſe Blättchen, ſagen ſie, ſind die Ohren, weil ſie da ſind, um zu hören, ob die Pfeife bei Stimme iſt. Bleibt die Oeffnung des Mundlochs ihrer Länge und Breite nach dieſelbe, ſo iſt klar, daß man ſie an verſchiedenen Orten an den Wänden der Röhren anbringen kann, ſei es perpendiculär, ſei es ſchief im Verhältniß zu ihrer Axe, und Savárt hat ausgemittelt, daß ſie in dieſen verſchiedenen Stellungen der Röhre verſchiedene Töne verleiht. Man kann ſich von der Wahrheit dieſer Behauptung auch durch eine Flöte überzeugen, wenn man eins von den mittleren Löchern als Mundloch nimmt.

Wir ſahen, daß die Länge der offenen oder geſchloſſenen Röhren

allein den Ton beſtimmt, den ſie geben ſollen, vorausgeſetzt, daß dieſe Länge im Verhältniß zu ihrer Breite ſehr bedeutend iſt. Aber findet dieſe Bedingung nicht ſtatt, ſo iſt das Geſetz der Schwingungen weit verwickelter. Hier die wichtigſten Ergebniſſe aus den zahlreichen Verſuchen von Savart über dieſen Gegenſtand:

1) Prismatiſche rechtwinklige Röhren, deren Mundloch von derſelben Länge, wie eine der Seiten ihrer Baſis, bringen denſelben Ton hervor, wenn die Schnitte perpendiculär auf die Linie des Mundlochs dieſelbe Oberfläche haben, und wenn zugleich die Breiten dieſer Schnitte wenigſtens ein Sechstheil ihrer Höhen betragen.

2) Findet dieſe letztere Bedingung allein ſtatt, ſo erſcheinen die Schwingungszahlen unter ſich wie die Quadratwurzeln der Schnitte.

3) Die Schwingungszahlen ähnlicher Röhren mit ähnlichen Mundlöchern verhalten ſich zu einander, wie die homologen Dimenſionen dieſer Röhren. — Dieſes Geſetz erſtreckt ſich ſelbſt auf die ſphäriſchen Höhlungen, deren Mundlöcher auf den größten Kreiſen angebracht ſind, und daſelbſt dieſelbe Zahl von Graden einnehmen.

Auch die Wände, welche eine Luftmaſſe einſchließen, haben auf ihre Schwingungen Einfluß. Man weiß ſchon lange durch oft wiederholte Verſuche, daß der Ton des Horns und der Trompete von der Maſſe des Inſtruments und von dem empfangenen Grade der Härte abhängt. Z. B. ein im Feuer ausgeglühtes Horn würde, obwohl es ſeine Form nicht verändert hätte, nur falſche und dumpfe Töne von ſich geben. Die Orgelbauer kennen gleichfalls dieſen Einfluß der Maſſe der Pfeifen auf die Beſchaffenheit des Tons, und verſichern, daß man um ein ſchlechtes Inſtrument zu verfertigen, nur die Natur des Zinns oder des Holzes (je nachdem das Spiel von Zinn oder Holz ſein ſoll) ein wenig zu verändern brauche. Dieſe Beobachtungen beſtätigte Savart vollkommen durch die zahlreichen Verſuche, die er mit Röhren von mehr oder weniger geſpanntem Pergament, oder von mehr oder weniger feuchtem Papier anſtellte. Er ſtellte darüber feſt: 1) daß in einer prismatiſchen viereckigen Röhre von 1 Fuß Höhe, und 9 Linien Breite, der Ton um mehr als eine Octave tiefer werden kann, wenn man das Papier, welches die Wände bildet, mehr und mehr anfeuchtet; (dieſes Papier iſt an die ſoliden Kanten des Prisma wie über eine Art von Rahmen geleimt); 2) daß der Ton hierdurch um ſo tiefer werden kann, je kürzer die Röhren ſind; 3) daß es hinreicht, beim Papier oder Pergament nur einen Theil der Seitenwand einer Röhre zu befeuchten, um den Ton merklich tiefer zu machen. Wir begnügen uns, hier dieſe Reſultate auszuſprechen, denn man ſieht leicht, wie die Verſuche anzuſtellen ſind.

Sobald die Schallwellen aus einem Mittel in ein anderes übergehen, erleiden ſie immer eine theilweiſe Zurückwerfung, und, ſobald ſie einem feſten Hinderniß begegnen, eine vollkommene. Mag nun die Zurückwerfung eine theilweiſe oder vollkommene ſein, immer erfolgt ſie in eine Richtung der Art, daß der Zurückwerfungswinkel dem Einfallswinkel gleich iſt. Die allgemeinſten Geſetze hierüber können nur durch die Principien der Mechanik deutlich werden, und wir können eine begreifliche Dar-

ſtellung hier nur verſuchen. Wenn SS′ (Fig. 210.) die Oberfläche der Trennung zweier Mittel, wie der Luft und des Waſſers darſtellt, und eine Schallwellenbewegung z. B. an das Waſſer kömmt, in der Richtung DJ, indem ſie mit der Perpendicularlinie JP einen Winkel DJP macht, ſo wird ein Theil der Bewegung aus der ſie beſteht, ſich der Waſſermaſſe mittheilen, und der andere Theil der Luft in der Richtung JR, ſo daß der Einfallswinkel DJP gleich iſt dem Zurückwerfungswinkel PJR. Dieſe Erſcheinung würde auch nach demſelben Geſetz erfolgen, wenn die Oberfläche SS′ die Verbindungsfläche zwiſchen zwei verſchiedenen Gaſen wäre, oder zwei Theile ein und deſſelben Gaſes verſchiedene Dichtigkeiten hätten, oder wenn ſie eine feſte Ebene von Holz, Glas oder Metall wäre. Nur würde in dieſem letzteren Falle der nach RJD reflectirte Ton viel ſtärker ſein. So würde ein Beobachter, der ſich einigermaßen in die Linie RJ ſtellte, den Ton hören, als wäre er in J, oder auf der Verlängerung von RJ entſtanden.

Auf dieſem allgemeinen Geſetz beruht die Erklärung des Echo und der Sprachgewölbe (ſ. d. Art.).

Sobald man einen ſehr intenſiven und gehaltenen Ton in einer Gallerie, oder auch nur in einem Zimmer hervorbringt, ſo bemerkt man, daß der nämliche Ton nicht dieſelbe Stärke im ganzen Umfang des umgebenden Raums hat. An gewiſſen Punkten iſt er ſtark und betäubend, an andern ſehr ſchwach; dieſe letztern Punkte ſind wie Schwingungsknoten, bei denen die Luft nur ſehr kleine Ortsveränderungen erleidet. Savart verfolgte die Spur dieſer Knotenlinien oder Flächen, und wir wollen nur den Proceß anzeigen, deſſen er ſich dabei bediente, denn es gibt über dieſen Gegenſtand noch kein einfaches und allgemeines Reſultat. Der Ton wird mittelſt einer Glocke und einer tonverſtärkenden Röhre hervorgebracht, und man horcht an den verſchiedenen Punkten des umgebenden Raumes darauf mit einer Art künſtlichen Ohres, das aus einem hohlen Kegel, einem koniſchen Rohr und einer Membrane beſteht. CC′ (Fig. 211.) ſtellt den Kegel vor, TT′ das Rohr, und mm″ die Membrane; dieſe muß an dem gekrümmten Ende des Rohrs angebracht, und auf verſchiedene Grade von Spannung eingerichtet ſein. Man ſtellt die Axe des Kegels in die Richtung, nach welcher man hören will, und beurtheilt die Stärke des Tons nach den Schwingungen der Membrane, nämlich nach den Bewegungen des Sandes, den man bei dem Verſuche darauf ſtreut. Die Größe des umgebenden Raums, ſeine Geſtalt, und alle zufälligen Formen ſeiner Wände ſind eben ſo viel Urſachen für den Wechſel der Geſtaltung und Stellung der Knotenflächen, bei ein und derſelben Stellung der Glocke; Die eigentliche Urſache, welche die Bildung der Knoten beſtimmt, iſt aber ohne Zweifel die Begegnung der directen und gebrochenen Schallwellen; doch gibt es bis jetzt noch keine Beobachtungen über dieſen Gegenſtand, die zahlreich und genau genug wären, um eine genauer eingehende Erklärung aufzuſtellen.

Die tropfbaren und gasförmigen Flüſſigkeiten erhalten in der Regel ihre ſchwingende Bewegung nur durch den unmittelbaren Anſtoß feſter Körper, oder wenigſtens durch die Vermittelung ſolcher Körper, wie bei

der Sirene und den Röhren. Aber ſobald ſie dieſe Bewegung empfangen haben, können ſie ihrerſeits dieſelbe allen feſten ihnen begegnenden Körpern mittheilen. So ſieht man z. B. die Saite eines Inſtruments in ſchwingende Bewegung gerathen, ſobald ſie von dem Tone, den ſie wiedergeben kann, oder von einem dieſem harmoniſchen angeklungen wird; ſo werden Glastafeln erſchüttert und ſchwingen ſtark unter dem Einfluß gewiſſer Töne der Stimme, wie beim Lärm einer Kanone. Dieſe Erſcheinuug, welche ſich auf eine ſehr auffallende Weiſe an allen ſehr beweglichen feſten Körpern zeigt, tritt auch an trägeren und minder elaſtiſchen Körpern hervor, und es gibt vielleicht nicht eine Kathedrale, deren große Glocke nicht auf eine merkliche Art gewiſſe Pfeiler, oder gewiſſe beträchtliche maſſive Körper ſchwingen machte. Hier iſt der Schluß von dem Beobachteten auf das nicht Beobachtete erlaubt, und weil jede beliebige feſte Maſſe unter dem Schlage des Hammers in ſchwingende Bewegung gerathen und einen beſtimmten Ton hervorbringen kann, ſo darf man ſchließen, daß ſie in eine mehr oder weniger markirte Bewegung gerathen wird, ſobald der Schall, der durch Waſſer oder Luft hindurchgegangen iſt, ſie berührt. Man kann ſelbſt den Schluß ziehen, daß ſie im Allgemeinen für alle möglichen Töne in Schwingung gerathen kann; denn überhaupt gibt es keinen Ton, ſei es ein Grundton oder ein mit ihm harmoniſcher, deſſen ſie nicht fähig wäre, wenn ſie die entſprechende ſchwingende Bewegung erhielte, und folglich gibt es auch keinen Ton, der nicht, indem er ſie berührte, eine gewiſſe Art von Schwingung in ihr hervorbrächte. Hegte man gegen dieſen allgemeinen Schluß noch einigen Zweifel, ſo reicht die Bemerkung hin, daß der in einer Flüſſigkeit hervorgebrachte Ton mit mehr oder weniger Leichtigkeit durch irgend eine feſte Maſſe fortgepflanzt wird, und daß er gewiß nicht durch ſie fortgepflanzt werden könnte, wenn ſie nicht von ihm gezwungen wäre, in Einklang mit ihr zu ſchwingen. Doch würde es intereſſant ſein zu erfahren, wie die Bewegung ſich nach den verſchiedenen Geneigtheiten der Oberfläche im Verhältniß zur Richtung der Welle verhalte. Ueber dieſen Gegenſtand hat man nur ſehr wenig Verſuche. Savart hat z. B. feſtgeſtellt, daß eine über einen Rahmen geſpannte Membrane nicht auf dieſelbe Weiſe ſchwingt, wenn man eine klingende Platte perpendiculär oder parallel auf ſie einwirken läßt. Im erſtern Falle ſind ihre Schwingungen tangentiale, im zweiten normale, wie die der Platte.

Es iſt wahrſcheinlich, daß die tropfbaren Flüſſigkeiten wirkſamer, als die Gaſe ſein mögen, um auf dieſe Weiſe in den feſten Körpern Schwingungen hervorzubringen, und ohne Zweifel könnte man, wenn man Körper von verſchiedenen Geſtalten unter Waſſer brächte, mit Hilfe des Sandes Schwingungen erkennen, welche daſſelbe Mittel in der Luft nicht merkbar machen würde.

Weil die Schwingungen von flüſſigen auf feſte Körper ſich fortpflanzen, ſo müſſen ſie mit noch viel größerem Rechte auf den ganzen Umfang eines feſten Syſtems fortgepflanzt werden können, deſſen verſchiedene Theile neben einander geſtellt in einer ununterbrochenen Reihe an einander ſtoßen. Ein ſolches Syſtem bildet dann nur ein Ganzes,

welches, ſobald ein Punkt deſſelben in Bewegung geſetzt iſt, ſich, wie ein einziger Körper, in ſchwingende Theile theilt, die durch Knotenlinien getrennt ſind; jedes der Stücke verliert gewiſſermaßen ſeine Individualität; ſeine Verbindung mit den benachbarten Stücken verhindert es zu ſchwingen, wie wenn es allein wäre, ohngefähr eben ſo, wie ein Theil einer Platte Arten verſchiedener Schwingungen annimmt, wenn er abgetrennt und für ſich erſchüttert wird, oder mit der ganzen Platte vereinigt bleibt. Savart hat hierüber eine große Menge Verſuche angeſtellt, die Apparate auf tauſend Arten verändert, um das allgemeine Ergebniß der Mittheilung der Bewegung in allen Theilen eines bald aus Streifen, bald aus Platten, bald aus Glocken beſtehenden Syſtems zu zeigen; allein, was das Wichtigſte iſt, er hat die verſchiedenen Seiten der Schwingungen ins Klare gebracht, und iſt ſo auf das allgemeine Reſultat geführt worden, daß alle ſchwingenden Beſtandtheilchen Bewegungen parallel der urſprünglichen Erſchütterung haben. Folglich ſchwingen, wenn die Bewegung durch einen Bogen hervorgebracht wurde, alle Beſtandtheilchen parallel der Linie, welche die Haare beſtreichen, aus denen er beſteht, und wenn ſie durch ein kleines Glasrohr entſtand, welches an einem ſeiner Ende in irgend einem Punkt des Syſtems feſt gemacht, ſeiner Länge nach durch Reiben mit dem Finger oder einem angefeuchteten Tuche erſchüttert wurde, ſo ſchwingen alle Theilchen nach Linien parallel der Axe dieſes Rohrs.

Eine Zunge iſt im Allgemeinen eine ſchwingende Platte, die durch einen Luftſtrom in Bewegung geſetzt wird. Geſetzt z. B., man mache in einer Zink- oder Kupferplatte PP′ (Fig. 212.) von 2 — 3 Millimeter Dicke eine rechtwinklige Oeffnung ABCD, 3 Centimeter lang, und nur 7 — 8 Millimeter breit, und ſchweiße nahe an eine ihrer kleinen Seiten eine Kupferplatte LL′, ſehr dünn und ſehr elaſtiſch, welche in dieſer Oeffnung ſchwingen könne, indem ſie die Seiten AB, BC und CD ſtreift, ſo wird man eine der einfachſten Zungen haben, und um ſie in Bewegung zu ſetzen, braucht man nur die Platte PP′ ihrer Länge nach an die Lippen zu ſetzen und zu blaſen, wobei man den Wind gegen das freie Ende der Platte LL′ richtet. Die Luft ſetzt ſie in ſchwingende Bewegung, und da die Oeffnung ABCD wechſelsweiſe offen und geſchloſſen iſt, ſo geht die Luft hindurch und ſteht in beſtimmten Zwiſchenräumen ſtill; daher die klingenden Wellenbewegungen, deren Länge von der Zahl der Schwingungen abhängt, welche die ſchwingende Platte LL′ nach Verhältniß ihrer Dimenſionen und ihrer Elaſticität ausüben kann. Der Ton iſt der nämliche, als ob die Platte durch mechaniſche Trennung ſchwänge, aber ohne Vergleich ſtärker. Bringt man an ein und derſelben Platte mehre Streifen an, welche die Töne der Scala geben, ſo kann man eine Art Inſtrument daraus machen, auf dem ſich Lieder ſpielen laſſen.

Die Zunge, deren man ſich bei den Orgelſpielen bedient, beruht auf demſelben Princip, iſt aber anders eingerichtet. Man unterſcheidet hier zwei Röhren, die mit ihren Enden an einander treffen, T und T′, Fig. 213., ein Mundloch B, welches ſie trennt, und die eigentliche Zunge A, welche quer durch das Mundloch hindurch geht; man erblickt

dieſe drei Stücke einzeln an Fig. 214. Die Zunge ſelbſt iſt genau abgebildet Fig. 215., ſie beſteht aus drei weſentlichen Stücken, der Rinne R, dem Zünglein L, und dem Stimmdraht Z. Die Rinne iſt eine prismatiſche oder halbcylindriſche metallene Röhre, am untern Ende geſchloſſen, am oberen offen, und an der Seite mit einem Fenſter durchbrochen, welches die Verbindung zwiſchen den beiden Röhren herſtellt. Das Zünglein iſt die ſchwingende Platte; in ihrer natürlichen Stellung ſchließt ſie das Fenſter entweder ganz, oder beinahe, d. h. ſie ſtreift mit ihren drei freien Seiten die Wände deſſelben, während ſie ſchwingt. Ihre vierte Seite iſt entweder mit Schrauben, oder durch Anſchweißung an die Seitenwand der Röhre feſtgemacht. Der Stimmdraht iſt ein metallener ſehr feſter Draht, an ſeinem untern Theil, der ſich feſt an die ganze Breite des Züngleins anlegt, doppelt gekrümmt. (Siehe Fig. 215.) Er gleitet mit Friction in das Mundloch, und dient, wie man ſieht, dazu, die ſchwingende Länge des Züngleins zu verändern; denn oberhalb des Stimmdrahts kann nichts ſchwingen. Der Wind des Blaſebalgs geht durch den Fuß der Röhre T ein, drückt auf das Zünglein, um ſich einen Durchweg zu öffnen, geht durch die Rinne und entweicht durch die Röhre T′. Die ſo für einen Augenblick aus ihrer Lage gebrachte Zunge ſtellt ſich durch ihre Elaſticität bald wieder in ihre vorige Lage, und läßt unter dieſen beiden entgegengeſetzten Kräften Schwingungen erfolgen, die ſo lange ſich wiederholen, als der Luftſtrom dauert. Die Fig. 213. ſtellt eine Zungenpfeife vor, welche der Zunge gegenüber von Glas iſt, um das Spiel derſelben beobachten zu können. Die Zahl der Schwingungen hängt hauptſächlich von den Dimenſionen und der Starrheit der Zunge ab, und iſt in der Regel wenig von der verſchieden, welche ſtattfinden würde, wenn dieſe Zunge im Freien durch einen mechaniſchen Anſtoß ſchwänge. Aber die Einrichtung der Pfeifen gibt dem Ton einen merkwürdigen Klang und eine beſondere Intenſität; dieſe beiden Eigenſchaften ſind hier ſehr innig verknüpft; doch hängt die Intenſität hauptſächlich von der Schnelligkeit des Stromes, und der Klang von der Geſtalt der Pfeifen ab. In der That iſt begreiflich, daß ein heftigerer Strom bei der Zunge Schwingungen bewirkt, die von größerer Weite ſind, während ihre Dauer dieſelbe bleibt; ſo wächſt die Stärke des Tons mit der Schnelligkeit des Stroms, wenn nicht dieſe Geſchwindigkeit ſo groß wird, daß ſie die Zunge biegt, und dort einen Schwingungsknoten bildet. Es leuchtet ferner ein, daß die Zunge, die Pfeifen und die in ihnen enthaltenen Luftmaſſen zuſammen ein Schwingungsſyſtem bilden, deſſen ſämmtliche Theile dem Tone einen beſonderen Klang verleihen. Eine Grundbedingung für das gute Anſprechen der Zunge und Hervorbringung eines vollen und angenehmen Tones iſt die, daß die in den Pfeifen befindlichen Luftmaſſen vermöge ihrer Geſtalt und ihres Umfangs ſich leicht mit der Zunge in Einklang ſtellen. Dieſe Bedingung kann aber für jede von ihnen durch unendliche Abänderungen erfüllt werden, und man hat zahlreiche Verſuche angeſtellt, um durch dieſes Mittel articulirte, der Menſchenſtimme ähnliche Töne hervorzubringen; man hat der untern Pfeife winkelige, einwärtsgehende oder vielfach zuſammengedrehte Formen

verliehen, hat die obere koniſch, mit erweiterter Oeffnung, oder in der Mitte bauchig gemacht, hat Membranen darauf geſpannt, und Blättchen oder Platten aus verſchiedenen Subſtanzen angebracht, und jede dieſer Modificationen verlieh dem Tone einen beſondern Klang, Man kann hinzufügen, daß mehre Verbindungen dieſer Art, die Grenié erfand, nicht ohne Erfolg für die Nachahmung der articulirten Vocale der Menſchenſtimme durch Zungenpfeifen geblieben ſind. (Vergl. d. Art. Automat.)

Grenié ſcheint der erſte, welcher den Zungen ihre jetzige Vollkommenheit verliehen hat; ſonſt ſchlug die Zunge an die Ränder des Fenſters an; ſie war zu breit, um wechſelsweiſe hinein und heraus zu gehen, und der Ton, den ſie gab, hatte immer etwas von dem ſchnatternden Tone einer Ente.

Die Mundſtücke des Fagotts, der Hoboe und Clarinette ſind nichts anders als verſchiedenartig angebrachte Zungen. Bei dieſen Inſtrumenten vertritt der Druck der Lippen die Stelle des Stimmdrahts.

Saiteninſtrumente. Alle Saiteninſtrumente haben einen Reſonanzkaſten, und Jedermann weiß, daß die Beſchaffenheit des Tons von der Conſtruction dieſes Kaſtens abhängt. Die Saite, der Kaſten und die in ihm enthaltene Luft bilden auch ein ſchwingendes Syſtem, wovon jeder Theil dem Tone einen beſondern Klang verleiht. Die Saite indeſſen gibt den eigentlichen Ton, d. h. alle übrigen Stücke müſſen ſich mit ihr in Einklang ſetzen, und zu dieſem Zwecke ſich übereinſtimmend durch Knotenlinien theilen. Es iſt in der That klar, daß die Verbindung der Saite mit dem ganzen Syſteme den Ton, welchen ſie gemäß ihrer Länge und Spannung geben ſoll, nicht verändern kann; denn die Punkte, an welchen ſie die Stege berührt, ſind ganz gewiß Knoten, und ſind dieſe Knoten einmal beſtimmt, ſo iſt der Ton nur eine nothwendige Folge davon. Doch muß der Kaſten von einer ſolchen Subſtanz und Form ſein, daß er auf der Stelle ſich mit allen Saiten und allen ihren Tönen in Einklang ſetzen kann, und muß überdieß auch ſeine Schwingungen der in ihm enthaltenen Luftmaſſe mittheilen können, folglich auch dieſe Luftmaſſe fähig ſein, ſie aufzunehmen. Die ſo vervielfältigten Bedingungen führen zu der Einſicht, wie ſchwer es iſt, ein gutes Saiteninſtrument, z. B. eine gute Geige, zu verfertigen. Denn geſetzt, die Maſſe des Kaſtens ſchwingt vollkommen gut, ſo könnte doch, vermöge ſeiner Geſtalt, die von ihm eingeſchloſſene Luftmaſſe die Schwingungen unvollkommen aufnehmen, und das Inſtrument wäre ſchlecht. Ein wenig mehr Elaſticität oder Starrheit in dem Holz des obern Blattes wird ohne Zweifel eine andere Geſtalt des Kaſtens bedingen, und deßhalb haben bisweilen zwei gleich vortreffliche Geigen merklich verſchiedene Geſtalten, und zwei Geigen von gleicher Form können die eine ſehr gut, die andere ſehr mittelmäßig ſein. Bisweilen genügt eine geringe Veränderung in den beweglichen Stücken, um eine Geige etwas beſſer oder etwas ſchlechter zu machen. Denn die Schwingungen gehen durch den Steg von der Seite auf das obere Blatt, und vermöge der Stimme auf das untere Blatt über. Nothwendig muß aber die abſolute und relative Stellung dieſer Stücke einigen Einfluß auf die Leichtigkeit haben, mit welcher der Ton von der Saite in den Kaſten,

dieſe drei Stücke einzeln an Fig. 214. Die Zunge ſelbſt iſt genau abgebildet Fig. 215., ſie beſteht aus drei weſentlichen Stücken, der Rinne R, dem Zünglein L, und dem Stimmdraht Z. Die Rinne iſt eine prismatiſche oder halbcylindriſche metallene Röhre, am untern Ende geſchloſſen, am oberen offen, und an der Seite mit einem Fenſter durchbrochen, welches die Verbindung zwiſchen den beiden Röhren herſtellt. Das Zünglein iſt die ſchwingende Platte; in ihrer natürlichen Stellung ſchließt ſie das Fenſter entweder ganz, oder beinahe, d. h. ſie ſtreift mit ihren drei freien Seiten die Wände deſſelben, während ſie ſchwingt. Ihre vierte Seite iſt entweder mit Schrauben, oder durch Anſchweißung an die Seitenwand der Röhre feſtgemacht. Der Stimmdraht iſt ein metallener ſehr feſter Draht, an ſeinem untern Theil, der ſich feſt an die ganze Breite des Zünglein anlegt, doppelt gekrümmt. (Siehe Fig. 215.) Er gleitet mit Friction in das Mundloch, und dient, wie man ſieht, dazu, die ſchwingende Länge des Zünglein zu verändern; denn oberhalb des Stimmdrahts kann nichts ſchwingen. Der Wind des Blaſebalgs geht durch den Fuß der Röhre T ein, drückt auf das Zünglein, um ſich einen Durchweg zu öffnen, geht durch die Rinne und entweicht durch die Röhre T′. Die ſo für einen Augenblick aus ihrer Lage gebrachte Zunge ſtellt ſich durch ihre Elaſticität bald wieder in ihre vorige Lage, und läßt unter dieſen beiden entgegengeſetzten Kräften Schwingungen erfolgen, die ſo lange ſich wiederholen, als der Luftſtrom dauert. Die Fig. 213. ſtellt eine Zungenpfeife vor, welche der Zunge gegenüber von Glas iſt, um das Spiel derſelben beobachten zu können. Die Zahl der Schwingungen hängt hauptſächlich von den Dimenſionen und der Starrheit der Zunge ab, und iſt in der Regel wenig von der verſchieden, welche ſtattfinden würde, wenn dieſe Zunge im Freien durch einen mechaniſchen Anſtoß ſchwänge. Aber die Einrichtung der Pfeifen gibt dem Ton einen merkwürdigen Klang und eine beſondere Intenſität; dieſe beiden Eigenſchaften ſind hier ſehr innig verknüpft; doch hängt die Intenſität hauptſächlich von der Schnelligkeit des Stromes, und der Klang von der Geſtalt der Pfeifen ab. In der That iſt begreiflich, daß ein heftigerer Strom bei der Zunge Schwingungen bewirkt, die von größerer Weite ſind, während ihre Dauer dieſelbe bleibt; ſo wächſt die Stärke des Tons mit der Schnelligkeit des Stroms, wenn nicht dieſe Geſchwindigkeit ſo groß wird, daß ſie die Zunge biegt, und dort einen Schwingungsknoten bildet. Es leuchtet ferner ein, daß die Zunge, die Pfeifen und die in ihnen enthaltenen Luftmaſſen zuſammen ein Schwingungsſyſtem bilden, deſſen ſämmtliche Theile dem Tone einen beſonderen Klang verleihen. Eine Grundbedingung für das gute Anſprechen der Zunge und Hervorbringung eines vollen und angenehmen Tones iſt die, daß die in den Pfeifen befindlichen Luftmaſſen vermöge ihrer Geſtalt und ihres Umfangs ſich leicht mit der Zunge in Einklang ſtellen. Dieſe Bedingung kann aber für jede von ihnen durch unendliche Abänderungen erfüllt werden, und man hat zahlreiche Verſuche angeſtellt, um durch dieſes Mittel articulirte, der Menſchenſtimme ähnliche Töne hervorzubringen; man hat der untern Pfeife winkelige, einwärtsgehende oder vielfach zuſammengedrehte Formen

verliehen, hat die obere koniſch, mit erweiterter Oeffnung, oder in der Mitte bauchig gemacht, hat Membranen darauf geſpannt, und Blättchen oder Platten aus verſchiedenen Subſtanzen angebracht, und jede dieſer Modificationen verlieh dem Tone einen beſondern Klang, Man kann hinzufügen, daß mehre Verbindungen dieſer Art, die Grenié erfand, nicht ohne Erfolg für die Nachahmung der articulirten Vocale der Menſchenſtimme durch Zungenpfeifen geblieben ſind. (Vergl. d. Art. Automat.)

Grenié ſcheint der erſte, welcher den Zungen ihre jetzige Vollkommenheit verliehen hat; ſonſt ſchlug die Zunge an die Ränder des Fenſters an; ſie war zu breit, um wechſelsweiſe hinein und heraus zu gehen, und der Ton, den ſie gab, hatte immer etwas von dem ſchnatternden Tone einer Ente.

Die Mundſtücke des Fagotts, der Hoboe und Clarinette ſind nichts anders als verſchiedenartig angebrachte Zungen. Bei dieſen Inſtrumenten vertritt der Druck der Lippen die Stelle des Stimmdrahts.

Saiteninſtrumente. Alle Saiteninſtrumente haben einen Reſonanzkaſten, und Jedermann weiß, daß die Beſchaffenheit des Tons von der Conſtruction dieſes Kaſtens abhängt. Die Saite, der Kaſten und die in ihm enthaltene Luft bilden auch ein ſchwingendes Syſtem, wovon jeder Theil dem Tone einen beſondern Klang verleiht. Die Saite indeſſen gibt den eigentlichen Ton, d. h. alle übrigen Stücke müſſen ſich mit ihr in Einklang ſetzen, und zu dieſem Zwecke ſich übereinſtimmend durch Knotenlinien theilen. Es iſt in der That klar, daß die Verbindung der Saite mit dem ganzen Syſteme den Ton, welchen ſie gemäß ihrer Länge und Spannung geben ſoll, nicht verändern kann; denn die Punkte, an welchen ſie die Stege berührt, ſind ganz gewiß Knoten, und ſind dieſe Knoten einmal beſtimmt, ſo iſt der Ton nur eine nothwendige Folge davon. Doch muß der Kaſten von einer ſolchen Subſtanz und Form ſein, daß er auf der Stelle ſich mit allen Saiten und allen ihren Tönen in Einklang ſetzen kann, und muß überdieß auch ſeine Schwingungen der in ihm enthaltenen Luftmaſſe mittheilen können, folglich auch dieſe Luftmaſſe fähig ſein, ſie aufzunehmen. Die ſo vervielfältigten Bedingungen führen zu der Einſicht, wie ſchwer es iſt, ein gutes Saiteninſtrument, z. B. eine gute Geige, zu verfertigen. Denn geſetzt, die Maſſe des Kaſtens ſchwingt vollkommen gut, ſo könnte doch, vermöge ſeiner Geſtalt, die von ihm eingeſchloſſene Luftmaſſe die Schwingungen unvollkommen aufnehmen, und das Inſtrument wäre ſchlecht. Ein wenig mehr Elaſticität oder Starrheit in dem Holz des obern Blattes wird ohne Zweifel eine andere Geſtalt des Kaſtens bedingen, und deßhalb haben bisweilen zwei gleich vortreffliche Geigen merklich verſchiedene Geſtalten, und zwei Geigen von gleicher Form können die eine ſehr gut, die andere ſehr mittelmäßig ſein. Bisweilen genügt eine geringe Veränderung in den beweglichen Stücken, um eine Geige etwas beſſer oder etwas ſchlechter zu machen. Denn die Schwingungen gehen durch den Steg von der Seite auf das obere Blatt, und vermöge der Stimme auf das untere Blatt über. Nothwendig muß aber die abſolute und relative Stellung dieſer Stücke einigen Einfluß auf die Leichtigkeit haben, mit welcher der Ton von der Saite in den Kaſten,

und vom Kaſten in die Luftmaſſe übergeht. Savart hat verſchiedene intereſſante Verſuche gemacht, um durch die Bewegung des Sandes das Uebergehen der Schwingungen in die verſchiedenen Stücke der Geige augenfällig zu zeigen, und kam ſo darauf, die hauptſächlichſten Functionen zu beſtimmen, welche jedes derſelben über ſich hat. Da indeſſen auch das einfachſte Stück ſo vielen Bedingungen genügen muß, ſo iſt es faſt unmöglich, darüber eine genaue Unterſuchung anzuſtellen, und höchſt wahrſcheinlich würde man, wollte man irgend eines dieſer Stücke verändern, um es zu dem oder jenem Zwecke paſſender einzurichten, es für irgend einen andern wieder unpaſſender machen, und auf der andern Seite wieder verlieren, was man auf der einen gewonnen. (Vergl. Reſonanz).

Geſchwindigkeit des Schalles in den verſchiedenen Mitteln. 1. In den elaſtiſchen Flüſſigkeiten. Newton gab einen Ausdruck für die Geſchwindigkeit des Schalls in der Luft. Dieſer Ausdruck führte für ein zu kleines Reſultat; er gab eine Geſchwindigkeit, die nur ohngefähr $\frac{5}{6}$ der durch die Erfahrung gegebenen betrug. Newton verſuchte ſelbſt, dieſe Differenz zu erklären, doch war es de la Place aufbehalten, die wahre Urſache davon zu finden. Die Bewegung, welche den Schall ausmacht, kann ſich nicht in jedem Mittel fortpflanzen, ohne die Beſtandtheilchen, denen ſie ſich mittheilt, zuſammenzudrücken, und da im Allgemeinen jede Zuſammendrückung von einem Freiwerden von Wärme begleitet iſt, ſo nimmt de la Place an, daß dieſe freigewordene Wärme das Geſetz der Elaſticität modificirt, und die Fortpflanzung des Schalles beſchleunigt. Wenn nun aber die verdichtete Welle Wärme hervorbringt, ſo muß nothwendig die verdünnte Kälte erzeugen, und man könnte glauben, daß dieſe beiden entgegengeſetzten Wirkungen ſich vollkommen aufhöben. Was die Temperatur anbelangt, ſo heben ſie ſich in der That auf, denn der Schall, welcher durch die Luft hindurchgeht, afficirt auch das empfindlichſte Thermometer nicht; allein dieſe vollkommene Aufhebung in der Temperatur hindert nicht, daß zwiſchen zwei benachbarten Beſtandtheilchen in raſcher Aufeinanderfolge ein Freiwerden von Wärme und Kälte ſtattfindet, läßt folglich eine Differenz zwiſchen dem Geſetz ihrer Elaſticität und dem Mariotteſchen Geſetze zu. Nachdem de la Place dieſe Urſache als richtige bezeichnet, brachte er ſie in Rechnung, und wurde für die Geſchwindigkeit der Fortpflanzung des Schalls in Gaſen und Dämpfen auf folgende Formel geführt: $V = \sqrt{\frac{gH}{D}} \cdot K.$ Hierin bezeichnet V die Geſchwindigkeit der Fortpflanzung in Metres ausgedrückt, g die Intenſität der Schwere in Metres oder $9^{m},8088$. (Vergl. d. Art. Pendel S. 97.), H die Höhe der Queckſilberſäule nach Metres berechnet, und auf den Nullpunkt des Therm. reducirt, welche den Druck des Gaſes ausdrückt; D die Dichtigkeit des Gaſes, wobei die auf Null reducirte des Queckſilbers als Einheit angenommen; K das Verhältniß der zwei ſpecifiſchen Wärmen des Gaſes, d. i. der Quotient ſeiner Capacität bei conſtantem Druck durch ſeine Capacität bei conſtantem Volumen.

Um dieſe Formel auf Luft unter jedem beliebigen Druck und jeder beliebigen Temperatur t anzuwenden, darf man nur bemerken, daß bei der Temperatur Null, und bei einem Drucke von $0^m,76$ die Dichtigkeit der Luft im Verhältniß zum Queckſilber = 10466,82 beträgt. So hat man alſo bei der Temperatur t, und unter dem Drucke H

$$D = \frac{H}{0,76 \cdot 10466,82\ (1 + at)} \text{ folglich:}$$

$$V = \sqrt{9,8088 \cdot 0,76 \cdot 10466,82\ (1 + at) \cdot K}$$

und da K, wie andere Unterſuchungen zeigen, für die Luft = 1,3748, ſo ergibt ſich für die Geſchwindigkeit des Schalls in der Luft, und bei der Temperatur t

$$V = 327 \cdot 52 \sqrt{1 + at} \text{ wobei}$$

a den Coefficient der Ausdehnung des Gaſes = 0,00375 bedeutet. Man ſieht, daß dieſe Geſchwindigkeit ganz unabhängig vom Druck, und lediglich von der Temperatur abhängig iſt.

Nach dieſer Formel hat man die Geſchwindigkeit des Schalles in trocken angenommener Luft von — 50 bis + 50° berechnet. Die für den Dampf nothwendigen Correctionen würden nur bei erhöheten Temperaturen merklich ſein.

Tafel über die Geſchwindigkeiten des Schalles in der Luft, von — 50° bis + 50°.

Temperatur.	Geſchwindigkeiten in Metres.	Temperatur.	Geſchwindigkeiten in Metres.	Temperatur.	Geſchwindigkeiten in Metres.	Temperatur.	Geſchwindigkeiten in Metres.
— 50	295,23	— 24	312,44	0	327,52	+ 26	343,12
49	295,91	23	313,08	+ 1	328,14	27	343,70
48	296,58	22	313,72	2	328,74	28	344,29
47	297,26	21	314,36	3	329,35	29	344,87
46	297,94	20	315,00	4	329,97	30	345,45
45	298,61	19	315,64	5	330,58	31	346,03
44	299,29	18	316,28	6	331,19	32	346,62
43	299,95	17	316,92	7	331,80	33	347,19
42	300,63	16	317,54	8	332,40	34	347,78
41	301,30	15	318,17	9	333,01	35	348,35
40	301,96	14	318,81	10	333,61	36	348,93
39	302,63	13	319,44	11	334,21	37	349,50
38	303,29	12	320,07	12	334,81	38	350,08
37	303,95	11	320,70	13	335,41	39	350,65
36	304,64	10	321,32	14	336,01	40	351,23
35	305,27	9	321,94	15	336,61	41	351,80
34	305,94	8	322,57	16	337,21	42	352,30
33	306,59	7	323,20	17	337,80	43	352,92
32	307,24	6	323,81	18	338,40	44	353,51
31	307,90	5	324,44	19	338,99	45	354,08
30	308,55	4	325,09	20	339,58	46	354,64
29	309,20	3	325,68	21	340,18	47	355,21
28	309,85	2	326,29	22	340,77	48	355,78
27	310,50	1	326,91	23	341,35	49	356,35
26	311,15	0	327,52	24	341,94	50	356,91
25	311,79			25	342,52		

Man ſieht, daß für die Temperatur + 16° die Geſchwindigkeit nach der Theorie 337^{m},21 beträgt, während die Erfahrung 340^{m},88 gegeben hat. Die Differenz 3^{m},67 iſt nur ohngefähr ein Hunderttheil der geſuchten Menge, und ohne Zweifel gering genug, um ſie Beobachtungsfehlern, oder vielleicht zum Theil dem Einfluß des Waſſerdampfes zuſchreiben zu können, der im Augenblick des Verſuches in der Luft verbreitet war. So iſt dieſes Reſultat eine auffallende Beſtätigung der Theorie von de la Place. Die vorhergehende Formel wird ohne Zweifel mit derſelben Genauigkeit die Geſchwindigkeit des Schalles in allen elaſtiſchen Flüſſigkeiten angeben, ſobald man für jede von ihnen das Verhältniß K der beiden ſpecifiſchen Wärmen kennt. Oder auch umgekehrt, iſt die Geſchwindigkeit der Fortpflanzung des Schalles in irgend einem Gas bekannt, ſo wird man daraus die Geltung von K ableiten können. Der Proceß, um die Geſchwindigkeit des Schalls in einem Gas zu unterſuchen, iſt höchſt einfach; er beſteht in nichts Anderem, als eine Röhre von bekannter Länge, angefüllt mit dieſem Gaſe, ſchwingen zu laſſen, und den ſich ergebenden Ton zu bemerken. Dieſe Verſuche würden kein geringeres Intereſſe für die Theorie der Wärme, als für die Akuſtik haben, und man ſieht, bis zu welchem Grade der Vollkommenheit de la Place dieſe Theorien ausgebildet hat, da es gegenwärtig hinreicht, daß der Experimentator auf den Ton höre, welcher durch eine ſchwingende Röhre von bekannter Größe hervorgebracht wird, um daraus die Geſchwindigkeit der Fortpflanzung des Schalles in dem Gas, welches die Röhre erfüllt, und ſelbſt das Verhältniß der beiden ſpecifiſchen Wärmen dieſes Gaſes abzuleiten.

Vorausgeſetzt, daß für Sauerſtoff nnd Stickſtoff die Geltung von K dieſelbe ſei, wie für die atmoſphäriſche Luft, d. i. 1,3748, ſo wird man als die Geſchwindigkeit des Schalls im Stickgas 341^{m},33 (bei 16°), und im Sauerſtoffgas 321^{m},13 finden; ſo würde der Schall 11″,718 brauchen, um 4000 Metres im Stickgas zu durchlaufen, und 12″,456 im Sauerſtoffgas. Die Differenz 0″,738 wäre ſehr beträchtlich, und würde für eine Diſtanz von 8000 Metres 1″,5 betragen. Pouillet meint, man könne daraus ein directes Mittel finden, um zu erkennen, ob in der atmoſphäriſchen Luft die Beſtandtheilchen des Sauerſtoffs einen Druck auf die des Stickſtoffs ausüben, und umgekehrt. In der That, könnte in der die Atmoſphäre zuſammenſetzenden Miſchung die Beſtandtheilchen des einen dieſer Gaſe nicht auf die des andern einen Druck ausüben, ſo würde man immer zwei Töne haben, die ſich geſondert fortpflanzten, der eine ſchnellere durch das Stickgas, der andere langſamere durch das Sauerſtoffgas, und bei 8000 Metres Entfernung würde man den erſten 1″,5 vor dem zweiten hören. Allerdings würden dieſe beiden nicht die nämliche Stärke haben, weil in der Luft der Stickſtoff dichter iſt, als der Sauerſtoff. Im Jahre 1823 machte Pouillet mit dem Artilleriekapitän Arnoult mehre Verſuche, um dieſe Frage zu löſen. Die Verſuche fanden in einiger Entfernung von Paris ſtatt, anfangs in der Ebene von Villejuif, dann in der Ebene von Maiſons. Die Beobachter ſtellten ſich allmählig in 4, 5, 6, 7 bis 8000 Metres Entfernung von der Kanone; es ward ihnen leicht

Punkte zu finden, von wo aus man das Licht bei der Explosion bemerken, und einen vollkommen runden nur einen Augenblick dauernden Schall, ohne Echo oder Rollen, wahrnehmen konnte; allein bei keinem dieſer Verſuche war es möglich, zweierlei Töne, einen ſtärkeren und einen ſchwächeren, und in einer Entfernung von einander zu hören, wie ſie es doch hätten ſein müſſen, wenn der erſte durch Stickgas, der zweite durch Sauerſtoffgas ſich fortgepflanzt hätte. Man muß alſo daraus ſchließen, entweder daß die Beſtandtheilchen der verſchiedenen Gaſe auf einander einen Druck ausüben, oder daß der Schall der Kanone, welcher ſich durch den Sauerſtoff der Luft fortpflanzte, zu ſchwach ſei, um in einer Entfernung hörbar zu ſein, wo er durch einen merklichen Zwiſchenraum von dem intenſivern im Stickſtoff ſich fortpflanzenden Schall der Kanone getrennt ſein könnte. Gibt man den erſten Schluß zu, ſo muß man die Raiſonnemens aufgeben, welche man gewöhnlich anſtellt, um mehre Erſcheinungen der Gasmiſchungen und vorzüglich die Schnelligkeit zu erklären, mit welcher die Gerüche und Dämpfe ſich in Luftmaſſen von großem Umfange verbreiten.

II. Geſchwindigkeit des Schalls in den Flüſſigkeiten. De la Place gab noch folgende Formel, um auch die Geſchwindigkeit des Schalles in den Flüſſigkeiten zu berechnen $V = \sqrt{\frac{g}{\lambda}}$

Hierin bezeichnet V die Geſchwindigkeit des Schalls in der Flüſſigkeit, in Metres ausgedrückt, g die Intenſität der Schwere, ausgedrückt in Metres $= 9^{m},8088$; λ die Verkürzung, welche eine horizontale Säule der Flüſſigkeit von 1 Metre Länge in einer Röhre ohne Elaſticität durch ein dem ihrigen gleiches Gewicht erleidet.

Zur Anwendung dieſer Formel gehört nur die Kenntniß von λ. Dieſe Beſtimmung iſt aber leicht, ſobald man die Zuſammenpreſſungen der Flüſſigkeiten unter einem Atmoſphärendruck kennt. Da z. B. das Waſſer ſich durch einen Atmoſphärendruck um 47,85 Milliontheile ſeines Volumens zuſammendrücken läßt, ſo iſt klar, daß eine Waſſerſäule von 1 Metre Länge in einer unelaſtiſchen Röhre ſich um 47,85 Milliontheile Metres zuſammendrücken wird. Die Atmoſphäre, welche dieſen Druck ausübt, wäre gleich einer Queckſilberſäule von $0^{m},76$ Höhe bei der Temperatur von 10°, die mithin eine Dichtigkeit von 13,544 beſäße. Dieſe wäre ferner gleich einer Waſſerſäule von $10^{m},2934$; alſo würde eine Waſſerſäule von 1 Metre eine Verkürzung erfahren von

$$\frac{0,00004785}{10,2934} = 0^{m},0000046486;$$ dieß iſt die Geltung von λ; ſubſtituirt man ſie in die Formel, ſo findet man endlich, daß bei einer Temperatur von 10° die Geſchwindigkeit des Schalles im Waſſer 1453 Metres in der Secunde beträgt.

Die vorhergehende Formel kann leicht auf folgende Art umgeſetzt werden:

$$V = \sqrt{\frac{9,8088 \cdot 0,76 \cdot 13,544 \times 1000000}{DC}}$$

D iſt die Dichtigkeit der Flüſſigkeit im Verhältniß zum Waſſer, C die

Zuſammendrückbarkeit der Flüſſigkeit unter einem Atmoſphärendruck, ausgedrückt in Milliontheilchen des urſprünglichen Volumens. Unter dieſer Form hat man nur für D und C ihre Werthe zu ſubſtituiren, und die Rechnung zu vollenden. Das Ergebniß wird die Geſchwindigkeit des Schalls bei einer Temperatur von 10° C. ſein, weil alle Zuſammendrückungen bei dieſer Temperatur berechnet ſind. Man findet alſo folgende Reſultate:

Geſchwindigkeit d. Schalles in verſchiedenen Flüſſigkeiten bei einer Temp. von 10°.

Namen der Flüſſigkeiten.	Dichtigkeit.	Zuſammendrückbarkeit unter 1 Atmoſphärendruck, ausgedr. in Milliontheilchen des urſprüngl. Volumens.	Geſchwindigkeit des Schalls in 1 Sec. ausgedr. in Metres.
Schwefeläther	0,712.....	131,35....................	1039
Alkohol	0,795.....	94,95........................	1157
Salzäther	0,874	84,25........................	1171
Terpentinöl	0,870.....	71,35	1276
Waſſer..................	1,.........	47,85..........................	1453
Queckſilber	13,544.....	3,38........................	1484
Salpeterſäure.... ...	1,403	30,55........................	1535
Ammoniak, tropfbarer	0,9,........	33,05........................	1842

Das Waſſer iſt die einzige dieſer Flüſſigkeiten, welche unmittelbaren Verſuchen unterworfen wurde.

Colladon fand die Geſchwindigkeit des Schalles im Genfer-See 1435 Metres in der Secunde; dieſe Zahl differirt wenig genug von der durch die Theorie gegebenen 1453. Indeſſen wie gering auch die Menge der in den Flüſſigkeiten durch die Zuſammenpreſſung freigewordenen Wärme ſei, ſo wird man ſich immer darauf gefaßt machen müſſen, das Reſultat der Erfahrung das der Theorie ein wenig überſchreiten zu ſehn. An allen den Zahlen der dritten Reihe haftet die Unſicherheit, welche hinſichtlich der Dichtigkeiten der flüſſigen Körper übrig bleiben kann, und die noch größere, die hinſichtlich ihrer Zuſammendrückbarkeit möglich iſt. Nimmt man z. B. für den Alkohol die Zuſammendrückbarkeit, die Oerſted fand, ſo würde man als Geſchwindigkeit des Schalls in dieſer Flüſſigkeit 2423 Metres in der Secunde erhalten, ſtatt daß ſich aus der Zuſammendrückbarkeit nach Colladon und Sturm 1157 ergibt.

III. Geſchwindigkeit des Schalles in feſten Körpern. Die Formel von de la Place für die Flüſſigkeiten iſt auch auf feſte Körper anwendbar. Es ſcheint nur, daß noch einige Unſicherheit der Theorie bleibt über die Art und Weiſe, nach welcher man nur den Werth von λ ſchätzen ſoll. Man nimmt freilich an, daß eine Stange von Metall horizontal geſtellt, ſich in gleichem Verhältniß verkürzt oder verlängert, je nachdem ſie ihrer Länge nach durch gleiche Kräfte gepreßt oder ausgezogen wird, und weil es bei feſten Körpern leichter iſt, die Verlängerung als die Verkürzung zu meſſen, ſo nimmt man an, daß in der Formel $V = \sqrt{\frac{g}{\lambda}}$, λ die Verlängerung bedeute, welche eine

Stange von 1 Metre Länge erfährt, die durch ein dem ihrigen gleiches Gewicht ausgezogen wird. Allein dieſe Verlängerung bleibt nicht dieſelbe, wenn die Stange an ihren beiden Enden ausgezogen wird, und übrigens frei iſt, oder wenn ſie an allen Punkten ihrer Oberfläche ausgedehnt wird. Mehre Betrachtungen nöthigen zu der Annahme, daß λ bei den feſten Körpern den Wechſel des Volumens ausdrücken muß, den die Stange erfährt, ſobald ſie an allen Punkten ihrer Oberfläche durch gleiche Kräfte in Bewegung geſetzt wird. Bei dieſer Vorausſetzung wird man unter $\lambda \frac{3}{2}$ der Verlängerung verſtehen müſſen, welcher die Stange unterliegt, ſobald ſie nur einfach an ihren beiden Enden ausgezogen wird. Wenn alſo, nach den Verſuchen von Colladon und Sturm, eine Glasſtange bei einem Zug gleich einem Atmoſphärendruck ſich um 11 Zehnmilliontheilchen verlängert, ſo müßte man als Veränderung des Volumens des Glaſes bei einem Ausziehen an allen Punkten $\frac{33}{2} = 16{,}15$ Zehnmilliontheilchen annehmen. Reducirt man folglich dieſe Volumveränderung auf das, was ſie bei einem Zug gleich dem Gewicht einer Glasſtange von 1 Metre betragen würde, ſo fände man als Geſchwindigkeit des Schalles im Glas 4959 Metres. Borda fand, daß ein Meſſingſtreifen von $3^{m},7356$ Länge und 1,1320 Kilogramm Gewicht ſich durch einen Zug gleich dem Gewicht von 11,7484 Kilogramm um $0^{m},0001121$ verlängert; nach derſelben Hypotheſe ſchließt man hier leicht, daß die Geſchwindigkeit des Schalles in dieſer Subſtanz 2905 Metres beträgt.

Chladni erdachte ſchon längſt eine andere Methode, durch vollkommen directe Verſuche die Geſchwindigkeit des Schalles in den feſten Körpern zu meſſen. Es ſei V die Geſchwindigkeit des Schalles in der Luft, L die Länge einer offenen Röhre, und N die Anzahl Schwingungen, welche ſie in einer Secunde macht, wenn ſie den Grundton angibt. Die Länge der Wellen, welche ſie erregt, iſt alsdann gleich der Länge L der Röhre; folglich bilden die Wellenbewegungen N, welche ſie in einer Secunde erregt, eine Länge NL, welche vollkommen gleich iſt der Geſchwindigkeit V, d. i. dem Raume, welchen der Schall in 1″ durchläuft. Man hat alſo $V = NL$. Es ſei ferner V' die Geſchwindigkeit des Schalles in irgend einer feſten Subſtanz, L die Länge eines cylindriſchen Stabes aus dieſer Subſtanz, und N' die Anzahl der Schwingungen, welche er in 1″ macht, ſobald er den Grundton gibt, d. i. der Länge nach ſchwingt, während er ſeine Enden frei und den Knoten in der Mitte hat. Die Länge der Wellen, welche er dann in ſeiner eigenen Subſtanz hervorbringt, iſt gleich L; ſo bilden die N' Wellenbewegungen, die er in einer Secunde hervorbringt, eine Länge $N'L$, welche der Geſchwindigkeit V' des Schalles, d. i. dem Raume, welchen er in 1″ durchläuft, vollkommen gleich iſt. Man hat alſo $V = N'L$. Mittels dieſer und der vorhergehenden Gleichung erhält man; $V' = V \cdot \frac{N'}{N}$, woraus folgt, daß man, um die Geſchwindigkeit V' des Schalles in irgend einer feſten Subſtanz zu finden, nur auf den Grundton, den ein der Länge nach ſchwingender Stab aus dieſer Subſtanz hervorbringt, zu hören, und ihn mit dem Grundton

einer offenen Röhre von derſelben Länge zu vergleichen braucht. Das Verhältniß zwiſchen dieſen Tönen, multiplicirt mit der Geſchwindigkeit des Schalles in der Luft, gibt als Product die geſuchte Geſchwindigkeit. Geſetzt z. B. man ließe einen Stab oder Streifen von Fichtenholz acht Fuß lang, den man in der Mitte unterſtützte und am einen Ende mit einem mit Kolophon überzogenen Tuche riebe, ſeiner Länge nach ſchwingen, ſo würde der dadurch hervorgebrachte Ton mit dem dreigeſtrichenen C auf dem Clavier in Einklang ſtehn. Alſo, wenn man weiß, daß eine offene Röhre von acht Fuß Länge das tiefe C gibt, ſo hat man $\frac{N'}{N} = \frac{C'''}{C} = \frac{25}{2} = 16$, woraus ſich ergibt, daß bei Fichtenholz die Geſchwindigkeit 16 Mal größer iſt, als in der Luft, oder $V' = 340 \cdot 16 = 5440$. Nach einer Reihe analoger Verſuche ordnete Chladni folgende Tabelle:

Tabelle der Geſchwindigkeiten des Schalles in mehren feſten Subſtanzen.

Namen der Subſtanzen.	Geſchwindigkeiten im Vergleich zu denen des Schalles in der Luft.	Geſchwindigkeiten in Metres ausgedrückt.
Fiſchbein	6⅔	2266
Zinn	7½	2550
Silber	9	3060
Nußbaumholz Eibenbaumholz*)	10⅔	3624
Meſſing Eichenholz Pflaumenbaumholz	10⅔	3624
Tabakpfeifenthon	10 12	3400 4080
Rothkupfer	12	4080
Birnbaumholz Rothbuchen-	12½	4250
Ahornholz	13⅓	4532
Acajou- Eben- Weißbuchen- Ulmen- Erlen- Birken-	14⅖	4896
Linden- Kirſchbaum-	15	5100
Weiden- Fichten-	16	5440
Glas Eiſen od. Stahl	16⅔	5664
Tannenholz	18	6120

Eine neuere ſehr intereſſante Entdeckung iſt die 1829 von Trevelyan gemachte, daß nämlich heißes Eiſen, welches man ſchief auf

*) Sind die Holzfaſern nicht vollkommen gerade, ſo iſt der Ton bisweilen um eine Terz tiefer.

eine kalte Unterlage von Blei legt, zu tönen beginnt. Nachdem er hierüber eine Mittheilung an die königl. Geſellſchaft zu Edinburgh gemacht hatte, ſtellten Faraday und Leslie Verſuche an, und 1833 machte Trevelyan ſelbſt eine Abhandlung über dieſen Gegenſtand bekannt. Die Entdeckung, daß erhitzte Metalle unter gewiſſen Umſtänden Töne erregen, machte Trevelyan zufällig. Als er nämlich mit einem eiſernen Pflaſterſtreicher gemeines Harz auseinander ſtreichen wollte, und das Eiſen zufällig zu heiß werden ließ, lehnte er es in ſchiefer Stellung an einen Bleiblock, ſo daß der Handgriff auf dem Tiſche ruhte. Gleich darauf hörte er einen ſchrillenden Ton. Als er in die Nähe des Streichmeſſers kam, fand er daſſelbe in Vibrationen begriffen, und konnte demnach an der eigentlichen Quelle des Tons nicht mehr zweifeln. Seit der Zeit, als er ſeine Entdeckung der Edinburgher Akademie mitgetheilt hatte, ſtellte er mit ſehr vielen Metallen Verſuche an, um zu erfahren, welche auf dieſem Wege zum Tönen zu bringen ſeien. Er ſtellte das Reſultat ſeiner Verſuche in einer Tabelle dar, aus welcher folgende Angaben entlehnt ſind: eine Stange von Platina tönt, wenn ſie erhitzt iſt, auf einer Unterlage von Zink, Zinn, Blei, Glockengut, Pippenmetall und Blockzinn; Gold auf Blei, feinem Meſſing (braſ.) gemeinem Meſſing, Glockengut, Pippenmetall; Silber auf Platin, Eiſen, Gußeiſen, Zink, Zinn, Meſſing, Kanonengut, Glockengut, Pippenmetall, Blockzinn, Löthzinn, leichtflüſſigem Metall; Kupfer auf Platin, Silber, Kupfer, Eiſen, Gußeiſen, Zink, Zinn, Antimon, Blei, feinem Meſſing, gemeinem Meſſing, Kanonengut, Glockengut, Pippenmetall, Blockzinn, Löthzinn, leichtflüſſigem Metall; Eiſen auf Zink, Zinn, Antimon, Blei, Glockengut, Blockzinn, Löthzinn, leichtflüſſigem Metall; Gußeiſen auf Zinn, Blei; Zink auf Zinn, Antimon, Blei, Glockengut, Löthzinn, leichtflüſſigem Metall; fein Meſſing auf Kupfer, Eiſen, Gußeiſen, Zink, Zinn, Antimon, Blei, fein Meſſing, gemeinem Meſſing, Kanonengut, Glockengut, Pippenmetall, Blockzinn, Löthzinn, leichtflüſſigem Metall; gemeines Meſſing auf Zink, Zinn, Blei, gemeinem Meſſing, Kanonengut, Glockengut, Pippenmetall, Blockzinn, Löthzinn; Kanonengut auf Zinn, Blei, Glockengut, Blockzinn, Löthzinn; Glockengut auf Blei, Löthzinn; Pippenmetall auf Blei und Kanonengut. — Eine Meſſingſtange fängt auf kaltem Blei alſo gleich zu tönen an, wenn ſie hinreichend erhitzt iſt; ja ein Stab von 5 Z. Länge, 2 Z. Breite und ⅛ Z. Dicke oscillirt ſogar, wenn er mit 12 Pf. beſchwert iſt, es muß aber zwiſchen dem Stabe und ſeiner Unterlage völlige Berührung ſtattfinden. Wird die Metallſtange auf einem Bleiblock, der an der Berührungsſtelle abgerundet iſt, in horizontaler Richtung balancirt, wie aus Fig. 216. zu erſehen iſt; ſo ſieht man ſie in horizontaler und verticaler Richtung ſchwingen. Man kann dieſe Schwingungen durch einen über Kreuz gelegten Stab von 10 Z. Länge, der an beiden Enden mit Kugeln verſehen iſt, leicht ſichtbar machen (Fig. 217. und 218.). Ein Kupferring von 5 Z. Durchmeſſer auf einem Bleiſtab ſchwingt im erhitzten Zuſtande vorwärts und rückwärts, auf einem Bleiblock aber aufwärts und abwärts. Leslie hat zwar auch eine Kupferſtange auf einer Glasplatte zum Schwingen

gebracht, doch gelingt dieſer Verſuch nur ſchwer. Ein Stab ſchwingt am beſten, wenn er auf einer rauhen Bleiunterlage ruht, Oxydation der Metallflächen hindert aber die Schwingung. Trevelyan brauchte Stangen von verſchiedenen Dimenſionen. Eine 5 Zoll lange $1\frac{1}{4}$ Z. breite und $\frac{3}{8}$ Z. dicke Stange gab einen recht bemerkbaren Ton, doch muß man ihr einen ſchweifartigen Anſatz von einem 6 Z. langen Drahtſtücke geben und der Länge nach am Rücken derſelben eine Furche anbringen, an der entgegengeſetzten Seite hingegen die Stange aushohlen. Ein hohler Cylinder von $\frac{1}{2}$ Zoll Dicke aus einem ſeiner Länge angemeſſenen Durchmeſſer zeigt die beabſichtigten Schwingungen am beſten. Eine Ungleichheit an demſelben verſtärkt den Ton; beim erſten Auflegen der erhitzten Stange auf die Unterlage entſteht ein unbeſtimmter Ton, doch wird derſelbe deutlich und beſtimmt, wenn ein gewiſſes Verhältniß der Temperaturen eingetreten iſt. Aenderung des Druckes auf den Stab ändert die Höhe des Tons und zwar wird letzterer deſto höher, je ſtärker der Druck wird. Reibt man die Oberfläche des Bleies mit Queckſilber, Oel, Gips u. ſ. w. ein, ſo hindert man dadurch die Schwingungen. Daſſelbe leiſtet Papier oder ein anderes Zwiſchenmittel, das man zwiſchen den Block und die Stange bringt. Ausgleichung der Temperatur macht das Tönen aufhören. Aus allen dieſen und mehren anderen Bemerkungen ergeben ſich folgende Schlüſſe:

1) Um die in Rede ſtehenden Schwingungen hervorzubringen, muß man einen Stab und einen Block von demſelben oder von verſchiedenen Metallen nehmen.

2) Dieſe beiden Stücke müſſen von einander abweichende Temperaturen haben, doch richtet ſich die erforderliche Temperaturdifferenz auch nach der Natur der Metalle. Zink und Glockengut brauchen einen kleineren Temperaturunterſchied als andere harte Metalle.

3) Die Metallfläche der Unterlage muß rauh ſein, der Stab kann aber keine zu große Glätte haben.

4) Zwiſchenmittel hemmen die Schwingungen mit Ausnahme eines Goldplättchens von nahe 200,000tel eines Zolls Dicke.

5) Die Luft hat an dem Entſtehen des Tönens keinen beſondern Antheil.

6) Elektricität und Galvanismus haben an dieſen Phänomenen gar keinen Antheil.

7) Es geben zwar alle Metalle, ſowohl die einfachen als zuſammengeſetzten, wenn eines derſelben erhitzt, das andere kalt iſt, einen Ton, wenn man ſie in gegenſeitige Berührung bringt (mit Ausnahme des Wismuths); doch läßt ſich derſelbe nicht bei allen mit derſelben Leichtigkeit hervorbringen.

8) Mit andern Körpern, als mit Metallen hat bis jetzt der Verſuch nicht gelingen wollen.

Schatten iſt nichts anderes als Mangel an Licht. Von jedem ſelbſtleuchtenden Körper gehen nach allen Richtungen Lichtſtrahlen geradlinig aus und erleuchten alle Körper, auf die ſie in ihrer Bahn treffen. Durch undurchſichtige Körper können ſie jedoch nicht hindurchgehen,

noch, da ihre Bewegung geradlinig iſt, um ſie herumgehen; folglich wird hinter jedem undurchſichtigen Körper ein nichterleuchteter, der Lichtquelle geradlinig entgegengeſetzter Raum bleiben. Dieſer heißt der Schatten des undurchſichtigen Körpers. Geſtalt und Größe des Schattens hängt von der Geſtalt und Größe des ihn bildenden undurchſichtigen Körpers, aber auch von Größe und Lage des leuchtenden Körpers im Verhältniß gegen den beleuchteten ab. Wir können dieß im Allgemeinen am Beſten an den Schatten bemerken, welche die verſchiedenen Gegenſtände in einem von einem Lichte beleuchteten Zimmer werfen. Die Schatten entſprechen ſämmtlich in ihrer Geſtalt den Geſtalten der Gegenſtände, welche ſie erzeugen, aber dieſe Geſtalt dehnt ſich bald mehr auseinander, bald zieht ſie ſich zuſammen, bald begibt ſich der Schatten auf die eine, bald auf die andere Seite des Gegenſtandes, je nachdem die Stellung des Lichtes verändert wird. In jeder Stellung wird man ſich aber die Geſtalt, Lage und Größe des Schattens ſehr wohl erklären können, wenn man die Art und Weiſe bedenkt, in welcher in jedem Falle das geradlinig ſich fortpflanzende Licht von dem undurchſichtigen Körper abgehalten werden muß. Der Schatten wird uns gewöhnlich nur auf anderen Gegenſtänden ſichtbar, welche ſelbſt erleuchtet ſind und von denen durch den ſchattenwerfenden Körper nur ein Theil des ſie ſonſt beleuchtenden Lichtes abgehalten wird. Der Schatten deſſelben Körpers kann ſehr verſchieden ausfallen, je nachdem der Körper, auf dem er erſcheint, gegen jenen geſtellt iſt, durch den er gebildet iſt. Man kann ſich hiervon überzeugen, wenn man den Schatten eines Körpers mit einer Tafel auffängt, deren Stellung ſich verändern läßt. Die ſicherſte Vorſtellung von dem Grunde dieſer Erſcheinung hat man, wenn man ſich den Schatten gleichſam als einen Körper von Finſterniß vorſtellt, deſſen äußere Formen durch den undurchſichtigen und den leuchtenden Körper beſtimmt ſind, jedesmal in der Weiſe, daß ſeine Vorderfläche mit der Hinterfläche des ihn bildenden Körpers zuſammenfällt. Jeder Körper, der nun den Schatten auffängt, zeigt nichts anderes als einen Durchſchnitt durch den Körper von Finſterniß. Nehmen wir einen leuchtenden Punkt P (Fig. 219.) an und eine undurchſichtige Kugel K, ſo wird nur die vordere Hälfte der Kugel beleuchtet ſein und hinter die Kugel durchaus kein Licht gelangen können. Man ſieht leicht, daß in dieſem Falle der Schatten ein abgeſtumpfter Kegel ſein wird, deſſen kleinere Grundfläche halbkugelförmig vertieft und rings von einem größten Kreiſe der Kugel K umgeben ſein wird. Aus den Lehren von den Kegelſchnitten folgt, daß eine in dieſem Schatten in der Richtung CD (ſenkrecht auf die Axe des Kegels) geſtellte Tafel einen vollkommenen Kreis, eine Tafel in der Richtung ET eine Ellipſe, eine Tafel in der Richtung GH (parallel PE) eine Parabel, und endlich eine Tafel in der Richtung LM eine Hyperbel als Schatten der Kugel K zeigen wird.

Sehr verſchieden wird die Erſcheinung, wenn an die Stelle des leuchtenden Punktes eine leuchtende Kugel L (Fig. 220.) tritt, welche größer iſt als die undurchſichtige Kugel K. Offenbar wird hier wiederum nur der vordere L zugewendete Theil von K beleuchtet werden

können, aber der Schatten wird nicht mehr die Geſtalt eines abgeſtumpfſten Kegels haben. Jeder Punkt der Kugel L entſendet nach allen Richtungen geradlinige Lichtſtrahlen. Die Punkte O und P, welche rings um in einem größten Kreiſe um L liegen, ſind die äußerſten Punkte der leuchtenden Kugel, von denen noch Lichtſtrahlen nach der Kugel K gelangen können, von dieſen und von allen Punkten auf der gegen K gewendeten Halbkugel von L fallen Lichtſtrahlen auf K. Alle dieſe auf K fallende Strahlen werden abgehalten, in den Raum hinter K zu gelangen. Aber man ſieht ſchon aus der Zeichnung, daß während nach Q und R von allen Punkten der bezeichneten Halbkugel von L Licht kommt, wie wenn K gar nicht vorhanden wäre, von S und T viele aber nicht alle Strahlen, und endlich von U in der That alle Strahlen zurückgehalten werden. Dieſer Raum U, in den gar kein Licht kommt, wird offenbar begrenzt durch die Strahlen der äußerſten Punkte im größten Kreiſe, in welchem O und P liegen, und iſt folglich ein Kegel, der bei D ſeine Spitze und ſeine Grundlinie in einem größten Kreiſe AB um K hat. Dieſer Schatten wird der Kernſchatten der Kugel K genannt, während man den Raum, in den zwar einiges aber nicht alles Licht frei gelangen kann, den Halbſchatten der Kugel nennt. Was dieſen letztern betrifft, ſo ſieht man leicht, daß er die Geſtalt eines abgeſtumpften Kegels hat, und daß er immer heller wird ſowohl gegen ſeinen Rand hin, als je weiter er ſich von K entfernt. Eben ſo leicht überſieht man aus der Zeichnung, wenn der leuchtende Körper L (Fig. 221.) eine kleinere Kugel als der beleuchtete K iſt, daß dann der Kernſchatten CABD ein kleinerer abgeſtumpfter Kegel als der Halbſchatten EABF ſein wird. Auf ähnliche Weiſe wird ſich der Schatten für jede Art von Körpern beſtimmen laſſen.

Die Aehnlichkeit der Geſtalt des Schattens, der auf einer Ebene aufgefangen wird, benutzt man, um die Umriſſe der Körper, namentlich menſchlicher Profile, zu zeichnen. Soll dieſe Aehnlichkeit ſcharf und naturgemäß ausgedrückt ſein, ſo muß man ſich möglichſt nur Eines leuchtenden Punktes bedienen, z. B. eines Lichtes und dieſes ſo anbringen, daß eine durch ihn und durch den beleuchteten Körper gehende gerade Linie die den Schatten auffangende Ebene ſenkrecht trifft. Aus dem Vorhergehenden folgt, daß der Schatten um ſo kleiner ſein wird, je näher die den Schatten auffangende Ebene am ſchattenwerfenden Körper ſteht und je weiter das Licht abſteht. Der Durchmeſſer des Schattens wird immer größer ſein als der des ſchattenden Körpers; und zwar in dem Verhältniß von $m + n$ zu n, wenn n den Abſtand des leuchtenden Punktes vom ſchattenden Körper und m den Abſtand dieſes Körpers von der auffangenden Ebene bezeichnet. Man ſieht dieß aus Fig. 222.; ab iſt der Durchmeſſer des Körpers, l der Lichtpunkt, cd der Durchmeſſer des Schattens; ſo hat man $cd : ab = fl : cl = m + n : n$.

In dem Vorhergehenden iſt immer angenommen worden, daß das Licht ſich nur geradlinig fortpflanze. Bekanntlich iſt dieß aber nicht ſtreng richtig, ſondern das Licht erleidet beim Vorübergehen am Rande eines Körpers ſtets eine Beugung (ſ. d. Art.). Daher wird der wirklich ſich bildende Schatten (der phyſiſche) immer etwas kleiner als

der durch mathematiſche Betrachtung in der angegebenen Weiſe gefundene (geometriſche) ſein. Die Sonne iſt am Tage die Lichtquelle, welche den Schatten bewirkt. Da ſie nun für die Bewohner der gemäßigten Zone entweder ſtets ſüdlich oder ſtets nördlich iſt, ſo haben die Bewohner derſelben ſtets einen Schatten, der bei denen auf der Nordhälfte der Erde immer gegen Norden, bei denen auf der Südhälfte immer gegen Süden gewendet iſt; ſie werden wegen dieſer Einen Richtung ihres Schattens Einſchattige genannt. Dagegen haben die um die Pole wohnenden Menſchen jährlich einen langen Tag, an dem die Sonne rings um den Horizont herumgeht, und da der Schatten immer der Sonne entgegengeſetzt bleibt, ſo geht während dieſes Tages folglich auch der Schatten rings um ſie herum, und ſie heißen daher Umſchattige. Die Bewohner der heißen Zone endlich haben jährlich zweimal die Sonne gerade über ihren Köpfen, ſo daß ihr Schatten gar nicht ſichtbar iſt, ſie heißen dann Unſchattige; die übrige Zeit des Jahres ſteht ihnen die Sonne nördlich oder ſüdlich und der Schattin iſt demgemäß eine Zeit lang ſüdlich und eine andere nördlich, weßwegen ſie auch Zweiſchattige genannt werden. Die welche gerade unter den Wendekreiſen wohnen, ſind an Einem Tage unſchattig und die übrige Zeit des Jahres einſchattig.

Die älteren Aſtronomen haben den Schatten zur Beſtimmung der Höhe der Sonne benutzt, d. h. des Neigungswinkels, welchen eine im Auge des Beobachters nach der Sonne gezogene gerade Linie mit der Horizontalebene des Beobachtungsortes macht. DE (Fig. 223.) ſei die Horizontalebene, auf welcher ein ſenkrechter dunkler Körper, z. B. ein Stab oder Obelisk (Gnomon) AB aufgerichtet iſt; S ſei die Sonne, ſo wirft AB auf die Horizontalebene einen Schatten AC, der durch SBC, die Linie von der Sonne über B, begrenzt wird. In C nehmen wir den Beobachter an, ſo iſt ACS die Höhe der Sonne, und da AB und AC gemeſſen werden können, ſo kann man nach den Lehren der Trigonometrie den Winkel ACS berechnen; es iſt nämlich $\text{tang.}\,ACS = \frac{AB}{AC}$. Der ſo gefundene Schatten AC wird der gerade Schatten genannt, zum Unterſchiede vom umgekehrten Schatten, den man in folgender Weiſe findet. DE (Fig. 224.) iſt eine lothrechte Ebene, auf welche der Stab BA ſenkrecht ſteht und S bezeichnet wieder die Sonne; ſo iſt AC der umgekehrte Schatten und Winkel ABC = SBA′ die Höhe der Sonne, den Beobachter in B angenommen. Man kann wieder BA und AC meſſen und findet dann $\text{tang.}\,ABC = \frac{AC}{BA}$. Hier läßt ſich auch leicht die Aufgabe der Meſſung eines hohen Gegenſtandes mit Hilfe ſeines Schattens überſehen. Geſetzt (Fig. 223.) ſei AB ein Obelisk oder Thurm, deſſen Höhe man nicht kennt, ſo ſtellt man bei a einen Stab ab lothrecht auf, deſſen Höhe bekannt iſt, ſo lehrt die Geometrie, daß $Ca : CA = ab : AB$, d. h. $AB = \frac{ab\,.\,CA}{Ca}$. Auf ſolche Weiſe wird man

die Höhe jedes Körpers beſtimmen können, vorausgeſetzt, daß man AC zu meſſen im Stande iſt. Bei Bergen iſt dieſe Meſſung nicht wohl möglich, daher ſich hier die Höhenbeſtimmung aus dem Schatten nicht wohl anbringen läßt.

Wird ein Körper von mehren verſchiedenen Lichtquellen erleuchtet, ſo zeigt er auch eben ſo viele Schatten als Lichtquellen, aber jeder dieſer Schatten rührt nur von Einer Lichtquelle her und wird durch die anderen Lichtquellen erleuchtet. Haben die Lichtquellen nun verſchieden gefärbtes Licht, ſo kann es der Fall ſein, daß der Schatten, welcher von gefärbtem Lichte erleuchtet wird, nicht wie jeder völlige Schatten, das ihn erzeugende Licht mag eine Farbe haben welche es will, ſchwarz, ſondern gefärbt erſcheint. Am leichteſten kann man die ſchöne Erſcheinung der gefärbten Schatten beim unbeſtimmten Lichte der Morgen- und Abenddämmerung erhalten, wenn man in dem Zimmer, wo der Schatten eines Körpers auf weißem Grunde beobachtet wird, zugleich eine Kerze anzündet. Das Licht der Kerze iſt röthlich, und von den beiden Schatten, welche durch die zwei Lichtquellen hervorgerufen werden, erſcheint der des Tageslichtes, der vom Kerzenlichte allein beleuchtet iſt, gelb, während der vom Kerzenlichte hervorgerufene, welcher vom Tageslichte allein beleuchtet wird, bläulich erſcheint. Das Daſein des gelben Schattens iſt aus der Beſchaffenheit des Kerzenlichtes erklärt, aber warum der Schatten, den das Tageslicht beleuchtet, blau erſcheint, iſt eine Frage, die indeß ſogleich ihre Beantwortung findet, wenn man ſich der Phänomene der ſubjectiven Farben erinnert. Bekanntlich erſcheint jeder gelbe Gegenſtand auf weißem Grunde bei ſchärferer Betrachtung mit einem blauen Rande umgeben, und in dieſer Weiſe fordert gleichſam jede einzelne Farbe die ihr entſprechende Ergänzungsfarbe heraus (ſ. d. Art. Farbe S. 377.). Der Gegenſatz des gelben Schattens iſt es, welcher den anderen Schatten blau erſcheinen läßt. Man kann die Verſuche auch mit verſchieden gefärbten Lichtern anſtellen, welche man erhält, wenn man eine Lampe mit verſchiedenfarbigen Gläſern bedeckt. Hat man zwei verſchieden gefärbte Lichter, ſo wird das intenſivſte die Farben der Schatten beſtimmen, ſo daß ſtets die eine die Ergänzungsfarbe der andern iſt. Schwieriger ſcheint die Erklärung des Phänomens, daß ohne Hilfe des Kerzenlichtes blaue Schatten im Freien auf weißem Grunde erſcheinen, wenn die Sonne in der Nähe des Horizonts ſteht. In dieſem Falle iſt aber die Sonne ſelbſt gefärbt, und ein röthliches Licht beleuchtet alle Gegenſtände. Hier ſieht das Auge im farbloſen, ſchwärzlichen Schatten die Ergänzungsfarbe des gelbrothen Lichtes, in dem alle beleuchteten Gegenſtände ſtehen.

Scheitel heißt beim Menſchen der oberſte Theil des Hauptes, und man nennt hiernach den über dem Haupte des aufrechtſtehenden Menſchen liegenden höchſten Theil des ſcheinbaren Himmelsgewölbes den Scheitel oder (mit einem urſprünglich arabiſchen Worte) Zenith. Denkt man ſich von dieſem durch den Standpunkt des Beobachters eine gerade Linie ſo weit verlängert, bis ſie auf der entgegengeſetzten Seite wiederum das Himmelsgewölbe trifft, ſo iſt dieſer Punkt der Fuß-

punkt oder (arab.) Nadir. Alle am Himmelsgewölbe angenommenen größten Kreiſe, welche durch Nadir und Zenith gehen und mithin ſenkrecht auf dem von ihnen halbirten Horizonte (ſ. d. Art.) ſtehen, werden Scheitelkreiſe auch (lat.) Verticalkreiſe genannt. Der erſte Scheitelkreis iſt der, welcher durch den wahren Morgen- und Abendpunkt geht und mithin auf dem Mittagskreiſe des Ortes ſenkrecht ſteht und ihn halbirt. Man bedient ſich der Scheitelkreiſe um die Lage der Geſtirne zu beſtimmen. Man denkt ſich durch den zu beſtimmenden Stern einen Scheitelkreis gelegt und mißt den Bogen dieſes Kreiſes zwiſchen Horizont und Stern. Auf dieſe Weiſe erhält man die Höhe des Sternes. Die Ergänzung dieſes Winkels zu 90° iſt gleich dem Bogen deſſelben Scheitelkreiſes vom Zenith bis zum Sterne, und heißt der Abſtand deſſelben vom Scheitel, oder die Zenithdiſtanz. Die größte Höhe erreicht ein Stern dann, wenn er ſich im Mittagskreiſe, welcher ebenfalls ein Scheitelkreis iſt, befindet.

Schiefe der Ekliptik heißt der Winkel, welchen die Ekliptik (ſ. d.) mit dem Aequator macht. Um ſie aus Beobachtungen zu beſtimmen, muß man zunächſt die Aequatorhöhe (ſ. d. Art. Aequator) des Ortes kennen, an welchem die Beobachtungen angeſtellt werden. Geſetzt in Fig. 225. ſei HO der Horizont eines Beobachters in C, Z ſein Zenith, N ſein Nadir, AQ der Aequator, P der Nordpol, P′ der Südpol, ſo iſt der Bogen HP die Polhöhe und AO die Aequatorhöhe. Nun kann man die Polhöhe aus directer Beobachtung finden, weil man die Sterne in der Nähe des Nordpols kennt, und da nun $HZ = PA$, weil beider Bogen von 90°, ſo iſt $HZ - PZ = PA - PZ$, d. h. $HP = ZA$. Es iſt aber ferner $ZO = 90°$ und die Aequatorhöhe $AO = ZO - ZA = 90° - HP$ d. h. die Aequatorhöhe gleich 90° weniger der Polhöhe. Hat man nun die Höhe der Sonne zur Zeit eines Solſtitiums beobachtet, d. h. zu einer Zeit, wo ſie den höchſten Punkt in der Ekliptik erreicht hat, ſo iſt offenbar dieſe Höhe der Sonne weniger der Aequatorhöhe die Schiefe der Ekliptik. Ohne die Aequatorhöhe zu kennen, findet man die Schiefe der Ekliptik ſammt Aequatorhöhe und Polhöhe aus der Beobachtung der Sonnenhöhe in beiden Solſtitien eines Jahres. Da nämlich der Aequator und die Ekliptik beide größte Kreiſe der Himmelskugel ſind, ſo muß die Ekliptik auf der einen Seite genau eben ſo hoch über dem Aequator ſtehen, als ſie auf der anderen Seite unter demſelben ſteht; d. h. wenn die Sonnenhöhe in dem einen Solſtitium z. B. $= OE$ und im andern $= OK$ iſt, ſo muß $KA = KE$ ſein und man hat folglich $\frac{OE - OK}{2} =$ der Schiefe der Ekliptik, folglich (nach dem Obigen) $\frac{OE - OK}{2} = OE - AO$ d. h. $OA = \frac{2\,OE - OE + OK}{2} = \frac{OE + OK}{2}$, welches die Aequatorhöhe, und hieraus ergibt ſich die Polhöhe $HP = 90° - OA$.

Da die Beobachtung der Höhe der Sonne ſo einfach mit Hilfe des Gnomons (ſ. d. Art. Schatten S. 387) geſchehen kann, ſo beſitzen wir ſchon aus ſehr frühen Zeiten namentlich von den Chineſen, Sonnenbeobachtungen, aus denen ſich die Schiefe der Ekliptik ableiten läßt. Man findet in dieſer Weiſe folgende nach den Beobachtern zuſammengeſtellte Beſtimmungen dieſer Größe.

Tſchu-Kong in China 1100 v. Chr.	23° 52′ 0″
Der Grieche Pytheas in Marſeille 350 v. Chr.	23° 49′ 20″
Der Araber Ibn-Junis in Aegypten 1000 n. Chr.	23° 34′ 26″
Ko-ſchu-King 1280 n. Chr.	23° 32′ 2″
Ulug-Beigh in Samarkand 1437 n. Chr.	23° 31′ 48″
Bradley in England 1750 n. Chr.	23° 28′ 18″
1830 n. Chr.	23° 27′ 40″

In dieſen Angaben bemerkt man eine Verſchiedenheit, deren Grund man entweder in Beobachtungsfehlern oder in einer Veränderung in der Schiefe der Ekliptik zu ſuchen hat. Man könnte das erſtere anzunehmen geneigt ſein, aber der Umſtand, daß eine ziemlich regelmäßige Abnahme dieſer Schiefe aus Vergleichung der Beſtimmungen ſich ergibt, ſpricht für die zweite Annahme. In der That hat man es auch durch Verbeſſerung des aſtronomiſchen Werkzeuge bereits ſoweit gebracht, daß man die Abnahme der Schiefe der Ekliptik ſchon innerhalb eines Zeitraumes von 5 Jahren deutlich bemerken kann, und die mathematiſche Betrachtung aller im Sonnenſyſteme gegen einander wirkenden Kräfte hat die Urſache und die genaue Beſtimmung ihrer Wirkſamkeit, welche jener Abnahme zum Grunde liegt, kennen gelehrt. Die Urſache iſt der Einfluß der ſämmtlichen Planeten des Sonnenſyſtems und ihre Wirkſamkeit der Art, daß in 100 Jahren die Schiefe der Eklyptik um 48,368 Sec. ſich ändert. Auf das Ueberraſchendſte werden durch dieſe Entdeckung die alten Beobachtungen ſelbſt beſtätigt, indem man z. B. findet, daß bei der älteſten dieſer Beobachtungen, wenn man der Theorie gemäß nachrechnet, nur ein Beobachtungsfehler von 44 Sec. ſtattgefunden hat. Die genaueren Unterſuchungen haben auch gezeigt, daß die Abnahme der Schiefe der Ekliptik nicht immerwährend fortſchreitet, bis dieſe endlich = 0 wird, d. h. bis Ekliptik und Aequator zuſammenfallen, ſondern daß vielmehr der Werth der Schiefe der Ekliptik nur bis 21° abnimmt und dann wieder bis 28° zunimmt u. ſ. w., woraus ein periodiſches Schwanken der Ekliptik ſich ergibt. Die Perioden dieſes Schwankens ſind aber ſehr groß. Man hat berechnet, daß 29400 v. Chr. die Schiefe der Ekliptik am größten = 27° 31′ war, daß ſie ſeitdem 15000 Jahre abnahm, bis ſie 14400 v. Chr. am kleinſten = 21° 20′ war. Hiernach wuchs ſie wieder bis zu 23° 53′ im J. 2000 v. Chr. alſo 12400 Jahre lang, und nimmt nun ab. Dieſe Abnahme wird dauern 8600 Jahre, ſo daß die Schiefe der Ekliptik im J. 6600 n. Chr. einen kleinſten Werth von 22° 54′ erreicht haben wird. Hierauf wird ſie wieder 12700 Jahre wachſen und im J. 19300 n. Chr. einen größten Werth von 25° 21′ erreicht haben; u. ſ. f.

Schlag, elektriſcher, heißt die Exploſion, welche entſteht, wenn ſich die entgegengeſetzten Elektricitäten, durch einen ſie noch trennenden ſchlechten Leiter hindurch mit Gewalt und unter Feuererſcheinung vereinigen. Die Entſtehung und Erſcheinung deſſelben iſt ſchon in den übrigen die Elektricität betreffenden Artikeln vielfach behandelt worden, daher hier nur über die Wirkungen deſſelben noch im Zuſammenhange zu ſprechen iſt.

Wenn eine hinreichend ſtarke elektriſche Entladung durch irgend eine mehr oder weniger gut leitende Subſtanz hindurchgeht, ſo iſt im Allgemeinen die Folge eine Veränderung in der Stellung und Ausdehnung derjenigen Beſtandtheile derſelben, welche ſie auf ihrem Wege trifft. Je nach der Natur der Körper kann ſich hieraus Ausdehnung, Schmelzung, Verflüchtigung, Zerſetzung oder Zerreißung ergeben. Dieſe Erſcheinungen ſind gewöhnlich von Temperaturerhöhung begleitet. Die in Flüſſigkeiten hervorgebrachte Ausdehnung iſt ſo bedeutend, daß Glasgefäße, welche ſie enthalten, zerſchmettert werden. So brachte Beccaria einen Tropfen Waſſer in die Mitte einer feſten Glaskugel und ließ zwiſchen zwei Dräthen, welche den Waſſertropfen berührten, einen elektriſchen Schlag durchgehen. Dabei wurden die Theilchen der Flüſſigkeit mit ſolcher Gewalt auseinandergeworfen, daß die Kugel mit Heftigkeit zerſchmettert wurde. Bei Anwendung von Batterien kann man mit Waſſer gefüllte Glasflaſchen zerſchmettern, wenn der Abſtand zwiſchen den Wänden des Glaſes und den Dräthen, welche die Elektricität leiten, ungefähr 2 Zoll beträgt. Dieſe Erſcheinung hat man angewendet, um gläſerne Flaſchen oder Platten zu durchbrechen. Der Apparat Fig. 226. iſt hierzu beſtimmt. TT iſt ein Tiſchchen, auf welches man die Platte V legt, welche der Wirkung zweier Spitzen PP ausgeſetzt werden ſoll, zwiſchen denen der elektriſche Schlag erfolgt. Um die Macht des elektriſchen Schlages an verſchiedenen Körpern, durch die man ihn durchgehen läßt, zu zeigen, bedient man ſich gewöhnlich des im Art. Auslader erwähnten allgemeinen Ausladers. Der Durchgang des elektriſchen Funkens durch die Luft, und die Ausdehnung, die er in dieſer hervorbringt, werden mit Hilfe des Kinnersley'ſchen Thermometers merklich gemacht. Dieſer Apparat (Fig. 227.) beſteht aus einer Proberöhre EE′, welche an ihren beiden Enden verſchloſſen iſt und an die eine Röhre tt′ angefügt iſt. Die letztere iſt aber offen und ſteht mit dem Innern der Proberöhre in Verbindung. Eine Flüſſigkeit ſteht gleich hoch in beiden Röhren. Läßt man nun zwiſchen den beiden Metallkugeln bb′ einen Funken überſpringen, ſo erhebt ſich augenblicklich die Flüſſigkeit in der Röhre, welches ein Zeichen der erfolgten Ausdehnung der Luft iſt. Denſelben Erfolg erhält man noch durch folgenden Verſuch. Man nimmt einen kleinen Mörſer von Elfenbein und bringt am Boden deſſelben 2 Metalldräthe ſo an, daß ihre Enden etwa $\frac{1}{4}$ Zoll von einander abſtehen. Genau über dieſen Zwiſchenraum bringt man in die Hohlung eine Korkkugel oder eine Kugel von Hollundermark. Läßt man zwiſchen beiden Dräthen eine ſtarke Ladung überſchlagen, ſo wird durch die plötzliche Ausdehnung der Luft die Kugel aus dem Mörſer geworfen.

Eine andere Klaſſe von Wirkungen des elektriſchen Schlages iſt die Wärmeerzeugung, welche man in den meiſten Fällen wahrnimmt. Wenn man die Kugel eines empfindlichen Thermometers in den Weg bringt, welchen eine ſtarke elektriſche Entladung durchläuft, ſo zeigt der Thermometer ſogleich eine Erhöhung der Temperatur an. Dieſe Erhöhung iſt um ſo merklicher, je ſchlechtere Leiter der Elektricität die von dem elektriſchen Funken durchlaufenen Mittel ſind und je ſtärker der elektriſche Funke ſelbſt iſt. Wenn man die beiden Enden einer Voltaſchen Säule durch einen hinlänglich feinen und kurzen Metalldraht verbindet, ſo ſieht man dieſen Draht ſich erhitzen, glühend werden, ſchmelzen und ſogar verbrennen, wenn er oxydirbar iſt. Aehnliche Wirkungen werden auf gleiche Weiſe mit Entladungen elektriſcher Batterien hervorgebracht, und man bedient ſich des allgemeinen Ausladers, um dieſe Art von Verſuchen anzuſtellen. Der Draht wird zwiſchen zwei Pincetten angebracht, welche in die gegenüberſtehenden Kugeln des Ausladers eingeſchraubt ſind. Cuthbertſon und andere Phyſiker, die mit Elektrometern die Wärme erzeugende Wirkung gemeſſen haben, welche durch die Entladung einer Batterie hervorgebracht wird, haben gefunden, daß ſie ungefähr wie das Quadrat der Ladung der Batterien für beſtimmte Längen der Dráhte wächſt. Dieſes Geſetz variirt außerdem nach der Dicke der Flaſchen, aus denen die Batterie beſteht. Die dickeren haben eine geringere Schmelzkraft. Cavendiſh hat gefunden, daß die Quantität der Elektricität, welche nöthig iſt um verſchiedene Flaſchen zu laden, deren belegte Oberfläche gleich iſt, im umgekehrten Verhältniß gegen ihre Dicke ſteht. Wenn die Ladung nicht hinreicht, um die Dráhte zu ſchmelzen; ſo treten auf der Oberfläche derſelben je nach ihrer natürlichen Beſchaffenheit verſchiedene Farbenerſcheinungen auf. Bei einem Stahldrahte z. B. wird die Färbung nach und nach blau, gelb, hellroth und bei ſtärkerer Ladung ſchmilzt das Metall. Wird die Ladung noch bedeutender, ſo verſchwindet das Metall mit glänzender Flamme und auf einem untergelegten Papiere ſetzt ſich ein feiner rother Staub ab, welcher oxydirtes Eiſen iſt. Die Wirkungen, welche die Metalle erleiden, hängen gleichmäßig von ihren natürlichen Eigenſchaften ab. Platin, Gold und Silber werden geſchmolzen und verflüchtigt. Die beiden erſten werden nicht oxydirt, wie man anfangs glaubte, weil die Hitze, der ſie bei der Schmelzung ſelbſt ausgeſetzt ſind, hinreicht ihre Oxyde zu reduciren. Cuthbertſon hat eine große Anzahl von Beobachtungen über die Schmelzung der Metalle durch Elektricität angeſtellt. Der Apparat, deſſen er ſich dabei bediente, iſt aus einer Glasröhre von 2 oder 3 Zoll Durchmeſſer und 8 Zoll Länge gemacht. An ſeinen beiden Enden iſt er durch eine Dille verſchloſſen, an deren einer ſich ein Hahn befindet, durch den man eine gegebene Quantität Luft oder jedes andere Gas eintreten laſſen kann. Ueber dieſem Hahne befindet ſich im Innern der Röhre eine kleine Spuhle, über die ein Metalldraht und ein Bindfaden gewickelt ſind, die parallel und einer an den andern von 4 zu 4 Z. befeſtigt ſind. Ein 3 Z. langer Cylinder von Kupfer iſt auf die Mitte der oberen Dille geſchraubt. Mittels einer langen Nadel läßt man die Enden des Bindfadens und des Metalldrahts durch den

Cylinder gehen, dann verſchließt man ihn mit einem Stöpſel, ſo daß der Draht und der Bindfaden in der Röhre ſich bewegen. Wenn der Draht verbrannt iſt, ſo ſetzt man mittelſt des Bindfadens einen anderen an ſeine Stelle. Um zu beſtimmen eine wie große Menge Luft abſorbirt worden, paßt man an die innere Mündung des Hahnes eine enge Glasröhre, die etwa 10 Zoll lang und an einem ihrer Enden offen iſt. Das freie Ende wird in ein Gefäß mit Queckſilber gehängt. Wenn der Hahn offen iſt, ſo zeigt die Erhebung des Queckſilbers die Quantität des abſorbirten Gaſes an. (Aehnlich wie bei den Eudiometern ſ. d. Art. Sauerſtoff). Da die Temperatur der Luft bei dieſen verſchiedenen Verſuchen von großem Einfluß iſt, ſo beſtimmt man die Abſorption nicht eher, als wenn jene der Temperatur der umgebenden Luft gleich geworden iſt. Wenn man die Verſuche mit atmoſphäriſcher Luft anſtellt, ſo werden die meiſten Metalle oxydirt, und es findet Abſorption von Sauerſtoff ſtatt. Nach Maßgabe der verſchiedenen Dehnbarkeit der Metalle bringen gleiche Ladungen nicht gleiche Wirkungen auf Drähte verſchiedener Metalle von demſelben Durchmeſſer und von derſelben Länge hervor. Eiſen und Platin erleiden größere Wärmewirkungen als Gold und Silber, welche die Elektricität beſſer leiten. Wenn der Gasbehälter nur mit Waſſerſtoffgas oder Stickgas gefüllt iſt, ſo wird das Metall nur geſchmolzen und in ſehr kleine Theilchen verwandelt. Folgendes iſt die Zuſammenſtellung der Reſultate, welche Cuthbertſon in der Luft bei Drähten aus verſchiedenen Metallen von 10 Zoll Länge erhalten hat, bei Anwendung einer Batterie, deren innere Belegung ungefähr 17 Quadratfuß betrug.

Namen der Metalle.	Durchmeſſer der Drähte	Ladung in Grans des Elektrometers.*)	Farbe des geſammelten metalliſch. Staubes.
Bleidraht	1/90	20	wenig dunkeles grau
Zinndraht	1/90	30	beinah weiß
Zinkdraht	1/90	45	beinah weiß
Eiſendraht	1/150	35	röthlich braun
Kupferdraht	1/150	35	bräunlich purpurroth
Platindraht	1/150	35	ſchwarz
Silberdraht	1/150	40	ſchwarz
Golddraht	1/150	40	bräunlich purpurroth

*) Cuthbertſon's Elektrometer hat folgende Einrichtung (Fig. 228). AB iſt ein langes hölzernes Bret, ungefähr 18 Zoll lang und 6 Zoll breit, in welchem zwei gläſerne Säulen D,E befeſtigt ſind, die drei Metallkugeln E, J, b tragen. Unten an der Meſſingkugel E geht ein langer Metallhaken hervor, den man mit dem äußern Beleg der Batterie verbindet. Mit der Kugel J iſt durch einen Stab der metallene Theil CF verbunden, der ſich in zwei hohle Kugeln endigt, und mit dem innern Beleg der Batterie in Verbindung geſetzt wird. Die Kugel b, welche durch eine meſſingene Röhre mit der Kugel J in Verbindung ſteht, beſteht aus zwei auf einander aufgefügten Halbkugeln, ſo daß man die obere Hälfte ſammt dem daran angebrachten Quadrantenelektrometer abnehmen kann. Mittelſt zweier ſeitlichen

Van Marum hat es mit ſeiner großen Maſchine (ſ. Elektriſirmaſchine) dahin gebracht, einen Eiſendraht von 50 F. Länge zu ſchmelzen. Läßt man die Ladung durch einen mit Gold oder Silber überſponnenen Seidenfaden gehen, ſo wird das Metall verflüchtigt, ohne daß die Seide merklich angegriffen wird, jedesmal unter der Vorausſetzung, daß die Ladung nicht ſehr ſtark ſei. Die elektriſche Entladung begnügt ſich nicht die Metalle und ihre Legirungen zu ſchmelzen und zu verflüchtigen; ſie kann ſelbſt eine chemiſche Trennung der Beſtandtheile der Legirungen bewirken, z. B. beim Meſſing, wo Kupfer und Zink getrennt werden und man ihre Oxyde auf einer Glastafel ſammeln kann.

Wie die Elektricität die Körper in ihre Beſtandtheile zerlegen und zugleich neue Verbindungen herſtellen kann (wie in den eben erwähnten Fällen) ſo können durch ſie gewiſſe Oxyde auch in metalliſchen Zuſtand zurückgeführt werden. Man bringt in eine horizontale Glasröhre eine kleine Quantität Zinnoxyd und in das Innere der Röhre in geringem Abſtande von einander die beiden Leiter des allgemeinen Ausladers, ſo reduciren die elektriſchen Schläge allmälig einen Theil des Oxyds und man bemerkt auf der Oberfläche der Röhre kleine Theilchen metalliſchen Zinns.

Einſchnitte geht durch dieſe Kugel die Meſſingſtange GH hindurch, die mittelſt zweier ſcharfen Zapfen auf einer dazu eingerichteten Pfanne ruht, ſo daß ſie ſich aus ihrer horizontalen Lage begeben und ihre Kugel H gegen die Kugel E bewegen kann. Die Stange iſt ſolchergeſtalt nichts anders, als ein zweiarmiger Hebel, welcher durch die Kugeln G und H genau ins Gleichgewicht gebracht iſt, und deſſen Schwerpunkt etwas oberhalb ſeines Ruhepunktes fällt. Bei horizontaler Lage des Hebels berühren ſich die Kugeln G und F; durch Senkung des Arms bH aber kommt die Kugel H mit der Kugel E in Berührung, die bei horizontaler Lage des Arms 4 Zoll davon entfernt iſt. Der Arm Gb iſt mit einer Gradeintheilung verſehen, und mittelſt eines verſchiebbaren Gewichts, welches daran angebracht iſt, kann man, je nach der größeren oder geringeren Entfernung deſſelben vom Ruhepunkt, die Kugel G mit verſchiedener und meßbarer Kraft gegen die Kugel F angedrückt halten. Es leuchtet ein, daß, wenn die Kugeln F und G einen gewiſſen Grad gleichartiger Ladung erhalten, ſie ſich wechſelſeitig abſtoßen werden, und daß, wenn dieſe Abſtoßung das Gewicht, welches ſie an einander gedrückt hält, überwiegt, der Arm Gb ſich erheben, dabei das als ſehr leicht beweglich vorausgeſetzte Gewicht nach b herabgleiten machen, der Arm bH aber ſich nach der mit dem äußern Beleg verbundenen Kugel E ſenken wird, und daß ſolchergeſtalt die Gemeinſchaft zwiſchen dem innern und äußern Beleg hergeſtellt werden wird. Indem man nun das Gewicht immer auf denſelben oder auf verſchiedenen Stellen des Arms Gb anbringt, wird man begreiflich ſtets Entladungen von gleicher oder von verſchiedener, aber vergleichbarer Stärke hervorbringen können. In die Verbindung zwiſchen E und N wird begreiflicher Weiſe der Körper gebracht, an dem die Wirkung des Entladungsſchlages beobachtet werden ſoll.

Der Zinnober wird durch eine mäßige Leidner Flaſche zerlegt, das Queckſilber und der Schwefel (die Beſtandtheile des Zinnobers) hängen abgeſondert von einander am Glaſe.

Der elektriſche Schlag hat die Eigenthümlichkeit, verbrennbare Körper bei Berührung mit der Luft zu entzünden, wenn er über die Oberfläche derſelben hingeht, ſelbſt wenn dieſe Körper ſchlechte Elektricitätsleiter ſind. Einige Beiſpiele dieſer Entzündung ſind folgende. Man gieße Aether oder Alkohol in ein iſolirtes metallenes Gefäß, welches man elektriſirt. Hierauf braucht man nur den Finger der Oberfläche der Flüſſigkeit zu nähern, um einen Funken herauszuziehen, ſo wird ſich dieſelbe entzünden. Wenn der Alkohol nicht ſehr rectificirt iſt (noch viel Waſſer enthält) muß man erſt ſeine Temperatur erhöhen, um die Entzündung zu bewerkſtelligen. Um Harz zu entzünden, ſtreut man es in Geſtalt eines feinen Pulvers auf Baumwolle, welche man in die Leitung eines Schlages von einer ſtarken Leidner Flaſche bringt, ſo entzündet ſich zuerſt das Harz und dann auch die Baumwolle. Man kann, wenn man will, das Harz in Pulverform auf Waſſer bringen, über welches man in geringem Abſtande vom Niveau zwei Metalldrähte bringt, ſo daß ihre Enden etwa 4 oder 5 Zoll von einander abſtehen. Der Schlag aus einer Flaſche reicht hin die Entzündung zu bewirken. Durch daſſelbe Mittel wird auch Phosphor entzündet.

Wenn man zwiſchen drei Glasplatten zwei ſehr dünne Goldplättchen legt, ſo daß dieſe etwas über das Glas vorragen, und durch die Goldplättchen die Ladung einer großen Flaſche gehen läßt, ſo werden ſie geſchmolzen und in die Glasoberfläche hineingetrieben. Die äußern Glasplatten werden dabei in der Regel zerſchmettert, während die mittlere ganz bleibt und auf beiden Seiten einen unvertilgbaren Metallfleck bekommt. Man lege einen Streifen Gold oder Silberblatt auf weißes Papier und laſſe durch ihn einen ſtarken Schlag gehen; ſo verſchwindet das Metall mit einem glänzenden Blitz und das Papier zeigt einen Fleck von Purpur= oder grauer Farbe. Singer beſchreibt ein Verfahren, mit Hilfe deſſen man auf Seide oder Papier oder andere Gegenſtände colorirte Verzierungen verſchiedener Art bringen kann. Man zeichnet zunächſt auf ein dickes Papier die Skizze der darzuſtellenden Figur und ſchneidet ſie dann aus. Der Ausſchnitt wird auf die Seide oder das Papier gelegt, auf dem man den Abdruck haben will, und mit einem Goldblatt belegt, über das man ein Kartenblatt deckt. Das Ganze wird dann zuſammengepreßt und durch das Goldblatt ein elektriſcher Schlag geleitet. Das Gold kann ſich natürlich nur an der Stelle der ausgeſchnittenen Zeichnung einprägen.

Prieſtley hat kreisförmige Flecke beſchrieben, welche auf Metallſtücken durch ſtarke elektriſche Schläge hervorgebracht werden. Nachdem er eine Batterie von 40 Quadratfuß Belegung mit einem Knopf von polirtem Kupfer entladen hatte, bemerkte er auf der Oberfläche einen ziemlich großen kreisförmigen Fleck, deſſen Mittelpunkt geſchmolzen war, und der von einer großen Anzahl Punkten gebildet wurde, die um ſo größer waren, je näher am Mittelpunkte ſie lagen. Jenſeit dieſes Fleckes fand ſich ein ſchwarzer Staub, welcher nicht anhing, dann ein ganzer

Kreis glänzender Punkte, die aus oberflächlich geſchmolzenen Theilen ähnlich denen in der Mitte beſtanden. Fig. 229. ſtellt das beſchriebene Reſultat dar. Aehnliche Flecke wurden auf polirten Platten von Blei und Silber hervorgebracht, nur daß beim Silber der Mittelfleck aus vom Mittelpunkte ausſtrahlenden Punkten beſtand. Durch das Mikroſkop betrachtet erſchienen die glänzenden Punkte des Mittelfleckes und die des äußeren Kreiſes als eben ſo viele kleine Höhlungen. Auf einer Goldplatte bemerkte man außer den Höhlungen kleine aus der Schmelzung des Metalls entſtandene hohle Metallkügelchen. Prieſtley fand, daß die Höhlungen auf verſchiedenen Metallen mehr oder weniger tief waren nach folgender Ordnung: Zinn, Blei, Meſſing, Gold, Stahl, Eiſen, Kupfer, Silber. Bei Wismuth und Zink verhielten ſie ſich ungefähr wie beim Eiſen. Er brachte es auch dahin zwei und ſogar noch mehre concentriſche Kreiſe zu erhalten, wenn er den Schlag einer Batterie von 38 Quadr. Fuß mit einem Stücke Zinn nahm. Der zweite Kreis befand ſich in demſelben Abſtande vom erſten, wie dieſer vom Mittelfleck, und war aus ſehr feinen Punkten zuſammengeſetzt. Fig. 230. zeigt die beiden Kreiſe. Als er bei dem Verſuche eine ſchmelzbare Legirung anwendete, erhielt er drei concentriſche Kreiſe (Fig. 231.); wobei der äußerſte Kreis von dem mittlern nicht genau eben ſo weit abſtand, wie dieſer vom Mittelflecke. Als er an die Stelle der Metallplatten ein Stück Kohle brachte, ſo ſchien dieſes geſchmolzen und in kleine Häufchen geſammelt in einem Raume von der gewöhnlichen Größe eines kreisförmigen Fleckes. Mit einem Stück Reißblei erhielt er weder geſchmolzene Theile, noch einen kreisförmigen Fleck, aber ſtatt deſſen eine gelbe Subſtanz, wie Schwefel, aus der ſich ein widerlicher Geruch entwickelte.

Fuſinieri hat bemerkt, daß der die Luft durchfahrende elektriſche Funke, wenn er von einem meſſingenen Conductor ausgeht, Meſſing im Zuſtande der Schmelzung und glühende Zinktheilchen mit ſich fortführt. Geht er von einer ſilbernen Kugel aus, ſo führt er ſchmelzendes Silber mit ſich fort; geht er aber durch eine Kupferplatte hindurch, ſo wird das Silber durch dieſes Metall hindurchgeführt, das es in einer Ausdehnung von mehren Centimetres durchbohrt, wenn der Durchgang von einer Oberfläche zur anderen ſchief gerichtet iſt; ein Theil des Silbers wird dann in der Oeffnung feſtgehalten, die im Kupfer entſtanden iſt, während der andere Theil in die Kugel des auf der andern Seite angebrachten Entladers eindringt. Das durch den elektriſchen Funken und Schlag fortgeführte Gold verhält ſich eben ſo in Bezug auf eine Silberplatte, die er durchbohrt. Ein Theil des Goldes bleibt im Silber und ſetzt ſich an beiden Oberflächen ab in Geſtalt kleiner kreisförmiger Blättchen, die ſo zart ſind, daß ſie kurze Zeit nachher verſchwinden. Bei dieſen Ueberführungen iſt die Wirkung gegenſeitig, d. h. wenn der Funke z. B. zwiſchen Silber und Kupfer überſpringt, ſo wird ebenſowohl Silber nach dem Kupfer als Kupfer nach dem Silber übergeführt. Fuſinieri hat die Bemerkung gemacht, daß die Ueberführung des einen Metalles zum anderen von zwei ſtarken entgegengeſetzten Stößen begleitet iſt, welche durch das fortgeführte Metall

bewirkt werden, der eine findet an der Stelle ſtatt, wo es ſich losgemacht hat, der andere an der Stelle, wo es in das andere Metall eingedrungen iſt; die Exiſtenz dieſer beiden Stöße ſieht man aus dem Vorhandenſein zweier entgegengeſetzten Hohlungen, welche daſſelbe Metall in einem Zuſtande enthalten, welcher eine Schmelzung anzeigt. Wenn der Funken von einem Metall ausgeht und in die Luft geht, ſo führt er mit ſich eine Anhäufung von Beſtandtheilchen (Molekules), deren Mitte im Zuſtande der Schmelzung ſich befindet und deren äußerer Theil Verbrennung erleidet. Nach Fuſinieri iſt das elektriſche Princip mit einer Kraft freiwilliger Ausdehnung begabt, von der man ſich Rechenſchaft gibt durch die Art und Weiſe, in der das Meſſing und das Gold auf einer polirten Silberfläche ſich verſtreuen. Dieſe Metalle ſetzen ſich hier als außerordentlich kleine Blättchen ab, die ſich endlich verflüchtigen. Schon Prieſtley hatte derartige Wirkungen beobachtet, eben ſo wie Ueberführungserſcheinungen. Das erſte Mal, wo er von einer elektriſchen Batterie Gebrauch machte, bemerkte er, daß ſich bei jeder Entladung ein ſchwarzer Staub erhob, der von Metall herrührte, obſchon der Metalldraht nicht geſchmolzen wurde und die Kette, deren er ſich bediente, ſehr ſtark war. Er beobachtete ferner, daß ein Blatt Papier, auf welches er die Kette gelegt hatte, überall mit einem ſchwarzen Flecke bezeichnet war, wo ſie das Papier berührt hatte, und daß die Kette einen kleinen Theil ihres Gewichtes verloren hatte. Um ſich von der Wirkung der Zerſtreuung recht zu überzeugen, ließ Prieſtley den Schlag durch ein Stück Kohle gehen; ſie wurde in Staub verwandelt, die Pappe, auf der ſie gelegen hatte, wurde zerriſſen und die Kohle drang in das Innere. Wurde die Kette auf eine Glasplatte gelegt, ſo ſetzten ſich hier nach dem Schlage Flecke von gefälligem Anſehn ab, an Breite und Farbe den einzelnen Kettengliedern entſprechend. An dem äußeren Theile dieſer Flecke konnte das Metall leicht von dem Glaſe abgehoben werden, während es in dem unteren Theile mit dem Glaſe zu einem Körper ſich vereinigt hatte.

Die chemiſchen Wirkungen des elektriſchen Schlages ſind ähnlich denen der galvaniſchen Elektricität. Folgende iſt Wollaſtons Vorrichtung, um die Zerlegung des Waſſers mittelſt gemeiner Reibungselektricität zu bewirken. Man bringt in Haarröhrchen, deren Enden an der Lampe erweicht werden, ſehr dünne Gold- oder Platindrähte, ſo daß ſich das Metall ſehr genau an das Glas anſchließt. Mit einem ſchneidenden Inſtrument ſchneidet man denjenigen Theil des Drahtes ab, der aus dem geſchmolzenen Ende des Glaſes hervorragt, ſo daß man nur noch mit der Lupe einen metalliſchen Punkt gewahren kann. Statt ſehr feiner Gold- oder Platindrähte kann man, wenn man will, mit Silber überzogene Platindrähte nehmen. Nachdem man den vorſtehenden Theil abgeſchnitten hat, ſenkt man das Ende in Salpeterſäure um das Silber aufzulöſen; es bleibt nur eine Spitze von außerordentlicher Feinheit übrig. Zwei dieſer Röhren bringt man in ein mit Waſſer gefülltes Gefäß, ſo daß die Spitzen nahe eine bei der andern ſtehen. Einer der Drähte wird mit dem Erdboden in leitende Verbindung geſetzt, während der andere an einen metalliſchen Leiter befeſtigt wird, welcher

Kreis glänzender Punkte, die aus oberflächlich geſchmolzenen Theilen ähnlich denen in der Mitte beſtanden. Fig. 229. ſtellt das beſchriebene Reſultat dar. Aehnliche Flecke wurden auf polirten Platten von Blei und Silber hervorgebracht, nur daß beim Silber der Mittelfleck aus vom Mittelpunkte ausſtrahlenden Punkten beſtand. Durch das Mikroſkop betrachtet erſchienen die glänzenden Punkte des Mittelfleckes und die des äußeren Kreiſes als eben ſo viele kleine Höhlungen. Auf einer Goldplatte bemerkte man außer den Höhlungen kleine aus der Schmelzung des Metalls entſtandene hohle Metallkügelchen. Prieſtley fand, daß die Höhlungen auf verſchiedenen Metallen mehr oder weniger tief waren nach folgender Ordnung: Zinn, Blei, Meſſing, Gold, Stahl, Eiſen, Kupfer, Silber. Bei Wismuth und Zink verhielten ſie ſich ungefähr wie beim Eiſen. Er brachte es auch dahin zwei und ſogar noch mehre concentriſche Kreiſe zu erhalten, wenn er den Schlag einer Batterie von 38 Quadr. Fuß mit einem Stücke Zinn nahm. Der zweite Kreis befand ſich in demſelben Abſtande vom erſten, wie dieſer vom Mittelfleck, und war aus ſehr feinen Punkten zuſammengeſetzt. Fig. 230. zeigt die beiden Kreiſe. Als er bei dem Verſuche eine ſchmelzbare Legirung anwendete, erhielt er drei concentriſche Kreiſe (Fig. 231.); wobei der äußerſte Kreis von dem mittlern nicht genau eben ſo weit abſtand, wie dieſer vom Mittelflecke. Als er an die Stelle der Metallplatten ein Stück Kohle brachte, ſo ſchien dieſes geſchmolzen und in kleine Häufchen geſammelt in einem Raume von der gewöhnlichen Größe eines kreisförmigen Fleckes. Mit einem Stück Reißblei erhielt er weder geſchmolzene Theile, noch einen kreisförmigen Fleck, aber ſtatt deſſen eine gelbe Subſtanz, wie Schwefel, aus der ſich ein widerlicher Geruch entwickelte.

Fuſinieri hat bemerkt, daß der die Luft durchfahrende elektriſche Funke, wenn er von einem meſſingenen Conductor ausgeht, Meſſing im Zuſtande der Schmelzung und glühende Zinktheilchen mit ſich fortführt. Geht er von einer ſilbernen Kugel aus, ſo führt er ſchmelzendes Silber mit ſich fort; geht er aber durch eine Kupferplatte hindurch, ſo wird das Silber durch dieſes Metall hindurchgeführt, das es in einer Ausdehnung von mehren Centimetres durchbohrt, wenn der Durchgang von einer Oberfläche zur anderen ſchief gerichtet iſt; ein Theil des Silbers wird dann in der Oeffnung feſtgehalten, die im Kupfer entſtanden iſt, während der andere Theil in die Kugel des auf der andern Seite angebrachten Entladers eindringt. Das durch den elektriſchen Funken und Schlag fortgeführte Gold verhält ſich eben ſo in Bezug auf eine Silberplatte, die er durchbohrt. Ein Theil des Goldes bleibt im Silber und ſetzt ſich an beiden Oberflächen ab in Geſtalt kleiner kreisförmiger Blättchen, die ſo zart ſind, daß ſie kurze Zeit nachher verſchwinden. Bei dieſen Ueberführungen iſt die Wirkung gegenſeitig, d. h. wenn der Funke z. B. zwiſchen Silber und Kupfer überſpringt, ſo wird ebenſowohl Silber nach dem Kupfer als Kupfer nach dem Silber übergeführt. Fuſinieri hat die Bemerkung gemacht, daß die Ueberführung des einen Metalles zum anderen von zwei ſtarken entgegengeſetzten Stößen begleitet iſt, welche durch das fortgeführte Metall

bewirkt werden, der eine findet an der Stelle ſtatt, wo es ſich losgemacht hat, der andere an der Stelle, wo es in das andere Metall eingedrungen iſt; die Exiſtenz dieſer beiden Stöße ſieht man aus dem Vorhandenſein zweier entgegengeſetzten Hohlungen, welche daſſelbe Metall in einem Zuſtande enthalten, welcher eine Schmelzung anzeigt. Wenn der Funken von einem Metall ausgeht und in die Luft geht, ſo führt er mit ſich eine Anhäufung von Beſtandtheilchen (Molekules), deren Mitte im Zuſtande der Schmelzung ſich befindet und deren äußerer Theil Verbrennung erleidet. Nach Fuſinieri iſt das elektriſche Princip mit einer Kraft freiwilliger Ausdehnung begabt, von der man ſich Rechenſchaft gibt durch die Art und Weiſe, in der das Meſſing und das Gold auf einer polirten Silberfläche ſich verſtreuen. Dieſe Metalle ſetzen ſich hier als außerordentlich kleine Blättchen ab, die ſich endlich verflüchtigen. Schon Prieſtley hatte derartige Wirkungen beobachtet, eben ſo wie Ueberführungserſcheinungen. Das erſte Mal, wo er von einer elektriſchen Batterie Gebrauch machte, bemerkte er, daß ſich bei jeder Entladung ein ſchwarzer Staub erhob, der von Metall herrührte, obſchon der Metalldraht nicht geſchmolzen wurde und die Kette, deren er ſich bediente, ſehr ſtark war. Er beobachtete ferner, daß ein Blatt Papier, auf welches er die Kette gelegt hatte, überall mit einem ſchwarzen Flecke bezeichnet war, wo ſie das Papier berührt hatte, und daß die Kette einen kleinen Theil ihres Gewichtes verloren hatte. Um ſich von der Wirkung der Zerſtreuung recht zu überzeugen, ließ Prieſtley den Schlag durch ein Stück Kohle gehen; ſie wurde in Staub verwandelt, die Pappe, auf der ſie gelegen hatte, wurde zerriſſen und die Kohle drang in das Innere. Wurde die Kette auf eine Glasplatte gelegt, ſo ſetzten ſich hier nach dem Schlage Flecke von gefälligem Anſehn ab, an Breite und Farbe den einzelnen Kettengliedern entſprechend. An dem äußeren Theile dieſer Flecke konnte das Metall leicht von dem Glaſe abgehoben werden, während es in dem unteren Theile mit dem Glaſe zu einem Körper ſich vereinigt hatte.

Die chemiſchen Wirkungen des elektriſchen Schlages ſind ähnlich denen der galvaniſchen Elektricität. Folgende iſt Wollaſtons Vorrichtung, um die Zerlegung des Waſſers mittelſt gemeiner Reibungselektricität zu bewirken. Man bringt in Haarröhrchen, deren Enden an der Lampe erweicht werden, ſehr dünne Gold- oder Platindrähte, ſo daß ſich das Metall ſehr genau an das Glas anſchließt. Mit einem ſchneidenden Inſtrument ſchneidet man denjenigen Theil des Drahtes ab, der aus dem geſchmolzenen Ende des Glaſes hervorragt, ſo daß man nur noch mit der Lupe einen metalliſchen Punkt gewahren kann. Statt ſehr feiner Gold- oder Platindrähte kann man, wenn man will, mit Silber überzogene Platindrähte nehmen. Nachdem man den vorſtehenden Theil abgeſchnitten hat, ſenkt man das Ende in Salpeterſäure um das Silber aufzulöſen; es bleibt nur eine Spitze von außerordentlicher Feinheit übrig. Zwei dieſer Röhren bringt man in ein mit Waſſer gefülltes Gefäß, ſo daß die Spitzen nahe eine bei der andern ſtehen. Einer der Drähte wird mit dem Erdboden in leitende Verbindung geſetzt, während der andere an einen metalliſchen Leiter befeſtigt wird, welcher

in geringem Abſtande von dem Conductor einer Elektriſirmaſchine abſteht. So wie die Maſchine in Thätigkeit geſetzt wird, entſteht eine Reihe von Funken, welche an den Metallenden im Waſſer eine Erzeugung von Gas bewirken, welches unter kleinen umgeſtürzten mit Waſſer gefüllten Gefäßen aufgefangen wird. (Vergl. Galvanismus S. 565.) Fängt man die Gaſe jedes beſonders auf, ſo findet man, daß das Volumen des einen doppelt ſo groß als das Volumen des anderen iſt, daß das eine die Verbrennung unterhält (Sauerſtoffgas) und daß das andere in Berührung mit der Luft detonirt (Waſſerſtoffgas). Das Waſſer iſt alſo vollkommen in ſeine Beſtandtheile zerlegt worden. Obſchon aber eine ununterbrochene Gaserzeugung ſtattfindet, ſo ſind die Blaſen doch ſo klein, daß eine ziemlich lange Zeit erforderlich iſt, um eine merkliche Quantität zu erhalten. Wollaſton fand, daß die Gasentwicklung um ſo ſchneller vor ſich ging, je feiner die Spitzen waren, daß in dieſem Falle die Wirkung in einen Punkt concentrirt war und daß die Waſſerzerſetzung mit Spitzen von $\frac{1}{100}$ Zoll Durchmeſſer bei $\frac{1}{8}$ Z. und mit Spitzen von $\frac{1}{1500}$ Z. Durchmeſſer bei $\frac{1}{20}$ Z. Abſtand der iſolirten Kugel (in die der eine Draht befeſtigt) vom Conductor erfolgte, nach welchem Abſtande die Länge der Funken ſich beſtimmt. Er hat unterſucht, bis zu welchem Grade die Stärke des Funkens durch eine entſprechende Verminderung der Drahtenden verringert werden könne, und brachte zu dem Ende eine Goldauflöſung von Königswaſſer in ein Haarröhrchen. Nachdem das Röhrchen erhitzt worden war, um die Säure zu verdampfen, blieb eine außerordentlich dünne Lage Goldes zurück, welche das Innere der Röhre überzog. Nachdem dieſe letztere bis zur Erweichung erhitzt worden war, bildete ſich in der Mitte derſelben ein ſehr dünner Golddraht, und indem er mit dieſem Röhrchen den Verſuch anſtellte, fand er, daß ein einfacher Elektricitätsſtrom eine Reihe ſehr kleiner Gasblaſen am Ende des Golddrahtes erzeugte, obgleich das andere Ende, durch welches dieſer Draht mit dem Conductor der Maſchine in Verbindung war, mit dieſem in unmittelbarer Berührung ſtand, und auf dem Wege, den die Elektricität nahm, kein Funke mehr entſtand.

Wenn man weniger gute Elektricitätsleiter an die Stelle bringt, ſo kann man von ſo feinen Drähten, wie man zur Waſſerzerſetzung braucht, abgehen, weil die geringere Leitbarkeit die Elektr. eine größere Spannung erlangen läßt, ehe der Funke überſpringt. Wenn man Zerſetzung der Oele, des Aethers, des Weingeiſtes u. ſ. w. bewirken will, ſo braucht man ſie nur in oberwärts verſchloſſene Röhren einzuſchließen, in welche in Spitzen auslaufende Platindrähte mit gewiſſen Längen eintreten. Man ſtürzt die Röhren in ein mit Queckſilber gefülltes Gefäß, welches man in geringe Entfernung von einem elektriſirten Körper ſtellt, um daraus eine ununterbrochene Reihe von Funken zu ziehen. Die Spitze des durch die Röhre gehenden Drahtes muß dem Queckſilber hinreichend nahe gebracht ſein, damit die Funken zwiſchen beiden überſpringen können. Man bemerkt alsbald, wie ſich die Gaſe in den oberen Theil erheben. Die Gasblaſen, welche man bei den Oelen erhält und im allgemeinen bei ſchlechtern Leitern, ſind ſehr dick.

Obgleich dieſe Art der Zerlegung etwas langwierig iſt, ſo kommt man doch mit einiger Geduld zu Reſultaten, welche mit denen der chem. Analyſe in Uebereinſtimmung ſind. Wir wollen einige Beiſpiele anführen. Der Aether gibt nach einigen Verſuchen ölbildendes Gas oder Kohlenwaſſerſtoffgas im Minimum und Sauerſtoffgas, die ungefähr in folgendem Verhältniß ſtehen: Oelbildendes Gas — zwei Maß, Waſſerſtoffgas — Ein Maß, Sauerſtoffgas — ein halb Maß; die beiden letzten geben zuſammen Ein Maß Waſſerdampf. Die zerſetzte Quantität Aether, welche zwei Maß ölbildenden Gaſes und Einem Maß Waſſerdampf entſpricht, liefert genau die Antheile Gas, welche Gay-Luſſac für die Zuſammenſetzung dieſes Stoffs gefunden hat, d. h. die Gaſe, welche zwei Maß ölbildendes Gas und Ein Maß Waſſerdampf bilden, ſind im Aether in Eins verdichtet. Bei denſelben Verſuchen mit Weingeiſt erhält man Ein Maß ölbildendes Gas, Ein Maß Waſſerſtoffgas und ein halb Maß Sauerſtoffgas, die zuſammen Ein Maß Weingeiſt geben, deſſen Zuſammenſetzung aus Ein Maß ölbildendes Gas und Ein Maß Waſſerdampf in Ein Maß condenſirt geſchieht. Die Oele geben Kohlenwaſſerſtoffgas (im Maximum), Waſſerſtoffgas und Sauerſtoffgas in verſchiedenen Verhältniſſen.

Um die Zerlegung metalliſcher Auflöſungen zu bewirken, ſenkt man in eine Kupferauflöſung zwei Silberdrähte, die ſo in Siegellack eingehüllt ſind, daß nur die äußerſten Spitzen frei ſind. Wenn man zwiſchen den Drähten eine Reihe von Funken überſpringen läßt, ſo wird man bald an dem negativen Drahte (der die negat. Elektr. zuleitet) metalliſches Kupfer gewahren. Man kann die beiden Drähte mit dem negat. und poſit. Conductor einer Elektriſirmaſchine verbinden, die zugleich beide Elektricitäten gibt, dann wird die Wirkung etwas ſchneller vor ſich gehen.

Es wurde oben geſagt, daß, wenn man zwei Drähte von nicht oxydirbarem Metall mit feinen Spitzen in Waſſer taucht und Funken zwiſchen ihnen übergehen läßt, an der einen Metallſpitze, durch welche die poſitive Elektr. ſich fortpflanzt, Waſſerſtoffgas, an der andern, durch welche die negat. Elektr. ſich fortpflanzt, Sauerſtoffgas ſich bildet. Daſſelbe Reſultat erhält man mit einer einzigen Metallſpitze, vorausgeſetzt, daß die Flüſſigkeit mit dem Erdboden in leitender Verbindung ſteht.

Der elektriſche Funke kann mit Vortheil zu Zerlegung der Gaſe angewendet werden. Man bedient ſich hierbei einer an dem einen Ende verſchloſſenen Glasröhre, in deſſen Nähe zwei Metalldrähte befeſtigt ſind, welche in das Innere der Röhre reichen. Man füllt dieſe Röhre mit Queckſilber und kehrt ſie hernach in einem Gefäße mit Queckſilber um. Darauf läßt man das Gas in hinreichender Menge aufſteigen, bis durch daſſelbe das Queckſilber bis unter die Metalldrähte herabgedrückt iſt, zwiſchen denen man den elektriſchen Funken überſpringen läßt. Auf dieſe Weiſe hat man bei verſchiedenen Gaſen folgende Reſultate erhalten:

Gaſe.	Producte der Zerlegung.
Doppelt Kohlenwaſſerſtoffgas	Kohlenſtoff und Waſſerſtoff. Das Volumen des Waſſerſtoffs doppelt.
Oelbildendes Gas	Kohlenſtoff und Waſſerſtoff. Das Volumen des Waſſerſtoffs doppelt.
Schwefelwaſſerſtoff	Schwefel ſchlägt ſich nieder, Wſſrſtffgas wird frei; das Volumen des Gaſes bleibt unverändert. In der That, da das Schwefelwaſſerſtoffgas aus zwei Volumen Waſſ. u. Schwef. in Gasform gebildet wird, indem dieſe zu Ein Vol. ſich condenſiren, ſo kann bei der angegebenen Zerlegung keine Veränderung im Vol. ſtattfinden.
Ammoniakgas	Stickſtoff u. Waſſerſtoff. Das Vol. des Gaſes wird verdoppelt. Die Analyſe gibt 3 Vol. Waſſ. u. 1 Vol. Stickſtoff verbunden in 2 Vol.
Phosphorwaſſerſtoff	Phosphor ſchlägt ſich nieder, Waſſerſtoffgas wird frei mit unverändertem Vol.
Kohlenſäure	Ein Theil verwandelt ſich in Kohlenſtoffoxydgasu . das Vol. vermehrt ſich; die Zerlegang iſt nie vollſtändig.
Salzſäure	Waſſerſtoffgas u. Chlor.
Salpetergas	Salpeterſäure u. Stickſtoff.

Dieſe Beiſpiele zeigen hinlänglich, daß die zuſammengeſetzten Gaſe mit gehöriger Vorſicht zerſetzt und ihre Beſtandtheile in Gasform geſammelt werden können, vorausgeſetzt, daß ſie in Waſſer oder Queckſilber nicht auflöslich ſind, oder daß die einen nicht auf die anderen reagiren können. Man beſitzt alſo in der Elektr. ein Mittel das Verhältniß der zuſammenſetzenden Gaſe zu den zuſammengeſetzten zu finden.

Der elektr. Schlag kann aber auch die Zuſammenſetzung, chem. Vereinigung der Gaſe bewirken. Bringen wir in eine mit Queckſilber gefüllte Glasröhre, die in einem Gefäß mit Queckſilber umgeſtürzt worden, zwei Vol. Waſſerſtoffgas und Ein Vol. Sauerſtoffgas, ſo daß beide zuſammen ungefähr einen Zoll einnehmen, und laſſen wir dann zwiſchen zwei in die Röhre und in das Gas eintauchenden Drähten einen Funken überſpringen, ſo entzündet ſich das Gas mit Exploſion und das Queckſilber erhebt ſich in den oberen Theil der Röhre, welches dann mit einer dünnen Lage Waſſer bedeckt iſt, welche durch die Verbrennung des Gasgemenges gebildet worden. Die Wände der Röhre müſſen hinlänglich dick ſein um bei der Exploſion nicht zerſchmettert zu werden. Da die Quantität des Waſſers in Folge einer Detonation immer ſehr klein iſt, ſo kann man um ſie merklicher zu machen, den Verſuch in folgender Weiſe anſtellen. Man nimmt eine Kugel von dickem Glas, die mit einem Hahne und einem in ſie reichenden Drahte verſehen iſt, der in das Innere tretend in geringem Abſtande von der Dille, in welche der Hahn geſchraubt iſt, endigt. Man macht die Kugel luftleer und bringt ſie nachher über einen gleichfalls mit einem Hahne verſehenen Recipienten, der ein Gemenge von Waſſerſtoffgas und Sauerſtoffgas in dem zur Waſſerbildung erforderlichen Verhältniſſe enthält. Werden die Hähne geöffnet, ſo füllt ſich die Kugel mit dem

Gasgemenge. Verſchließt man ſodann die Hähne und läßt zwiſchen Draht und Dille im Innern der Kugel einen Funken überſpringen, ſo erfolgt die Detonation des Gaſes und die Kugel beſchlägt ſich augenblicklich inwendig mit Waſſerdunſt. Man öffnet nun den Hahn aufs Neue und läßt wieder Gas aufſteigen und wieder den Funken überſchlagen (nach Verſchließung der Hähne). Dieſe Operation kann ſo oft wiederholt werden, als noch Gas in dem Recipienten iſt, es bildet ſich bei jedem Schlage mehr Waſſerdunſt und endlich erhält man ſichtbare Waſſertropfen, die ſich an der innern Wandung der Kugel anſetzen. Bekanntlich iſt dieſe Erſcheinung zur Herſtellung des Eudiometer (ſ. d. Art. Sauerſtoffgas) benutzt worden, ſo wie zur Conſtruction der elektriſchen Piſtole (ſ. d. Art.). Auch die elektriſche und Döbereinerſche Lampe (ſ. d. Art. Feuerzeug S. 433.) ſind auf demſelben Princip beruhende Erfindungen.

Nicht Waſſerſtoff und Sauerſtoff allein, ſondern auch andere Gasarten laſſen ſich ſolchergeſtalt durch den elektr. Funken zur Verbindung disponiren. So bemerkte ſchon Prieſtley, daß, wenn man elekt. Funken eine beträchtliche Zeit hindurch durch eine eingeſchloſſene Maſſe atmoſphäriſcher Luft gehen läßt, ſich ihr Umfang vermindert und hineingebrachte Pflanzenpigmente geröthet werden, zum Zeichen einer gebildeten Säure. Cavendiſh und Gilpin, welche dieſen Verſuch mit großer Genauigkeit wiederholten, fanden, daß dieſe Säure Salpeterſäure ſei, gebildet auf Koſten des Sauerſtoffes und Stickſtoffes der atmoſphäriſchen Luft. Wenn man durch ein Gemenge von Waſſerſtoffgas und atm. Luft elektr. Funken ſchlagen läßt, ſo bildet ſich außer Waſſer und etwas Salpeterſäure noch überdieß etwas Ammoniak auf Koſten des Waſſerſtoffs und Sauerſtoffs, welche Umſtände bei den eudiometriſchen Verſuchen Berückſichtigung erfordern. Ueberhaupt werden ſich nachſtehende Gasgemenge ſtets entzünden, ſelbſt meiſt, wenn nur ein einfacher Funken, wie ihn ein Elektrophor zu geben vermag, hindurch geleitet wird. Sind dabei die Gasarten in den beiſtehenden Maßverhältniſſen gemengt, ſo ſind die Producte ihrer Verbrennung, wie die zweite Spalte zeigt; iſt hingegen das brennbare Gas oder das Sauerſtoffgas im Ueberſchuß vorhanden, ſo bleibt eins von beiden unverändert übrig. Beträgt dieſer Ueberſchuß ſehr viel, ſo erfolgt ſogar gar keine Verbrennung; denn es hat ſich ergeben, daß in jedem einzelnen Falle ein beſtimmtes Maximum für das brennbare, wie für das Sauerſtoffgas ſtattfindet, bei welchem noch wenigſtens eine theilweiſe Verbrennung erfolgt; überſchreitet dieſes oder jenes dieſes Maximum, ſo verliert das Gasgemenge ſeine Fähigkeit, durch den elektr. Funken entzündet zu werden.

Gasgemenge in den untenſtehenden Verhältniſſen der Volumina angewendet,	liefern nach dem Durchſchlagen elektriſcher Funken.
5 Vol. atm. L. + 2 Vol. Waſſerſtoffgas...	Waſſer + 4 Vol. Stickſtoff.
1 Vol. Waſſerſt. + 1 Vol. Srſt...........	Waſſer.
1 Vol. Khlſtofforydgas + 1 Vol. Srſt......	2 Vol. kohlenſ. Gas.
1 Vol. Khlwaſſerſtoffgas + 2 Vol. Srſt.....	Waſſer + 1 Vol. Gas.
1 Vol. ölb. Gas + 3 Vol. Srſt............	Waſſer + 2 Vol. kohlſ. Gas.

Gasgemenge in den untenſtehenden Verhältniſſen der Volumina angewendet,	liefern nach dem Durchſchlagen elektriſcher Funken.
2 Schwefelwaſſerſtoffgas + 3 Sauerſtoffgas.	Waſſer + 2 ſchwefligſaures Gas.
4 ſalzſ. Gas + 1 Srſtoffgas...............	Waſſer + 2 Chlor.
1 Arſenikwaſſerſtoffgas + 2 Sauerſtoffgas.	Waſſer + arſenige Säure.
4 Ammoniakgas + 3 Srſtoffgas...........	Waſſer + 2 Stickgas.
1 Blauſtoffgas + 2 Srſtoffgas..............	2 kohlenſ. Gas + Stickgas.
2 Schwefelwaſſerſtoffgas + 1 Sauerſtoffgas.	Waſſer + Schwefel.
1 Chlorgas + 1 Waſſerſtoffgas..............	2 ſalzſ. Gas.
2 Stickgas + 7 Sauerſtoffgas..............	Salpeterſäure.

Beſondere Erwähnung verdient noch die Entzündung des Schießpulvers durch den elektriſchen Schlag, welche nicht immer, ſondern nur unter gewiſſen Bedingungen ſtattfindet, über die ſich Pfaff wie folgt ausſpricht. „Wenn der Verbindungskreis durch unvollkommene Leiter z. B. durch Stücke trockenen Holzes, durch inwendig angefeuchtete Glasröhren u. dergl. unterbrochen wird, ſo entſtehen dadurch anhaltend ſchneidende Funken oder Büſchel, die nicht erſchüttern, aber an dem Theile des Leibes, wo ſie eindringen, eine höchſt widrige Empfindung verurſachen. Wolf hat dieſe Art der Entladung zuerſt angewendet, um mit Batterien von wenigen und kleinen Flaſchen Schießpulver zu entzünden. Dieſes wird in eine kleine fingerhutartige Büchſe von Elfenbein oder Buchsbaum geſchüttet, in welche ſeitwärts Drähte geſchraubt ſind, die in dem Schießpulver etwa eine halbe Linie von einander abſtehen, und in den Entladungskreis, von welchem dieſe Vorrichtung einen Theil ausmacht, wird mittels metallener Häkchen, die ſie an beiden Seiten hat und die man am bequemſten durch Korke in ihr befeſtigt, eine Glasröhre gebracht, deren Wände überall durch ein paar Tropfen Waſſer befeuchtet ſind. Viele Jahre ſpäter ſind dieſe Verſuche als ganz neu von den Engländern Leuthweite und Woodwart bekannt gemacht und durch einige neue Erfahrungen vermehrt worden. Das Merkwürdige in dieſen Verſuchen iſt, daß derſelbe Schlag einer großen Flaſche oder Batterie, wenn dieſelbe durch bloß metallene Leiter entladen wird, das Schießpulver blos zerſtreut, ohne es zu entzünden. Die von Leuthweite gebrauchte Flaſche hatte einen Quadratfuß Belegung, und entlud ſich von ſelbſt, wenn das Quadranteneleftrometer auf 90° zeigte. Die angewandte Glasröhre war 6 Zoll lang und hatte 0,3 Zoll Durchmeſſer. Sie war mit zwei Korkſtöpſeln geſchloſſen, durch welche Drähte gingen. a. War die Röhre mit Waſſer gefüllt, ſo entzündete ſich das Schießpulver bei 60° Ladung der Flaſche, nicht aber bei einer ſchwächeren. b. Bei der Füllung der Röhre mit Schwefeläther erfolgte die Entzündung nicht eher als bei 60°, bei der Anfüllung mit Alkohol aber ſchon bei 30°. c. War endlich die Röhre mit Schwefelſäure oder Salzſäure gefüllt, ſo erfolgte die Entzündung nie, auch wenn die Flaſche bis auf 80° geladen war. Woodwart bemerkte, daß eben ſo wenig Entzündung des Schießpulvers zu bewirken war, wenn die Leitung durch den thieriſchen Körper ging, oder durch Waſſer, das nicht in Röhren eingeſchloſſen war, und er erklärt ſich dieſes letztere daraus, daß das Waſſer uneingeſchloſſen in Röhren dem Durch-

gange der Elektr. keinen hinlänglichen Widerſtand leiſte." Doch haben Schweigger und Pfaff gefunden, daß die Entzündung gleichfalls oft gelinge, wenn die metalliſche Leitung durch einen angefeuchteten Strick unterbrochen wird.

Wenn der elektriſche Schlag einen lebendigen thieriſchen Körper trifft, ſo hat derſelbe eine eigenthümliche Empfindung und unwillkürliche Zuſammenziehung der Muskeln, welche als elektriſche Erſchütterung bezeichnet wird. Je heftiger der Schlag iſt, deſto heftiger wird auch dieſe Empfindung. Man bedient ſich, um ſie zu vermeiden, bei der Entladung der Flaſchen und Batterien des ſogenannten Ausladers (ſ. d. Art.), der mit einem iſolirenden Handgriff verſehen iſt. Dieſer letztere iſt jedoch überflüſſig, ſobald der Draht des Ausladers die hinreichende Dicke hat; man kann ihn in dieſem Falle ohne weiteres in die Hand nehmen, ohne eine Erſchütterung zu erhalten. Die Wirkungen ſtarker elektriſcher Schläge können bis zur Lähmung des getroffenen Gliedes, ja bis zur Tödtung gehen. Solche großartige Wirkungen treten namentlich bei dem ſtärkſten elektr. Schlage, dem Blitz auf (ſ. d. Art.). Kleinere Thiere können ſchon durch kleine Schläge getödtet werden. So reichte bei Verſuchen von Prieſtley der Schlag von 6 Quadratfuß Belegung hin, eine Ratte, und von 33 bis 38 Quadratfuß, eine Katze zu tödten. Van Marum ſtellte Verſuche über die Wirkung des elektr. Schlages auf die Reizbarkeit des thieriſchen Körpers mit einer Batterie von 550 Quadratfuß Belegung an, und fand u. a., daß die zählebigſten Aale getödet wurden und jede Spur von Reizbarkeit verloren hatten (die ſie in den einzelnen Theilen ſonſt noch lange nach dem Zerſchneiden in einzelne Stücke behalten), wenn ein elektr. Schlag durch ihren ganzen Körper der Länge nach geführt wurde. Ging der Schlag ſenkrecht durch einen einzelnen Theil, ſo verlor nur dieſer ſeine Reizbarkeit. Eine ähnliche die Reizbarkeit aufhebende, lähmende Wirkung hat der elektr. Schlag auch auf Pflanzen, wie Verſuche von van Marum und Nairne gezeigt haben.

Ueber die medic. Anwendung des elektr. Schlages ſ. d. Art. Elektricität, ſo wie über die Eigenſchaft, phosphoriſche Körper leuchtend zu machen den Art. Licht S. 339., und über die Erregung des Magnetismus den Art. Elektromagnetismus.

Den Schall, welcher den elektr. Schlag begleitet, leitet man von der Schnelligkeit ab, mit welcher der Funke die Luft zertheilt. Er nimmt im Allgemeinen mit der Stärke der Ladung zu. Einen verhältnißmäßig ſehr ſtarken Schall ſoll man in folgender Weiſe erhalten. Man nimmt 4 bis 6 Platten von ſehr dünnem Theeblei, am beſten 5 Zoll ins Gevierte, ſchiebt ſie in Falze in einem dazu verfertigten hölzernen Troge, die beiden mittelſten in einer Entfernung von 3 bis 5 Zoll, die übrigen 8 bis 10 Linien von einander. Die äußern verbindet man durch ſehr feine Bleiſtreifen, welche man in der Mitte der Platten mit Wachs feſtklebt; ſie müſſen ſo ſchmal ſein, daß die Batterie ſie zu zerſtieben vermag, die beiden innerſten ebenſo durch Stahldraht, der ſo ſtark ſein muß, daß er nur in Kugeln ſchmilzt. Die Kügelchen des

Eine andere Klaſſe von Wirkungen des elektriſchen Schlages iſt die Wärmeerzeugung, welche man in den meiſten Fällen wahrnimmt. Wenn man die Kugel eines empfindlichen Thermometers in den Weg bringt, welchen eine ſtarke elektriſche Entladung durchläuft, ſo zeigt der Thermometer ſogleich eine Erhöhung der Temperatur an. Dieſe Erhöhung iſt um ſo merklicher, je ſchlechtere Leiter der Elektricität die von dem elektriſchen Funken durchlaufenen Mittel ſind und je ſtärker der elektriſche Funke ſelbſt iſt. Wenn man die beiden Enden einer Voltaſchen Säule durch einen hinlänglich feinen und kurzen Metalldraht verbindet, ſo ſieht man dieſen Draht ſich erhitzen, glühend werden, ſchmelzen und ſogar verbrennen, wenn er oxydirbar iſt. Aehnliche Wirkungen werden auf gleiche Weiſe mit Entladungen elektriſcher Batterien hervorgebracht, und man bedient ſich des allgemeinen Ausladers, um dieſe Art von Verſuchen anzuſtellen. Der Draht wird zwiſchen zwei Pincetten angebracht, welche in die gegenüberſtehenden Kugeln des Ausladers eingeſchraubt ſind. Cuthbertſon und andere Phyſiker, die mit Elektrometern die Wärme erzeugende Wirkung gemeſſen haben, welche durch die Entladung einer Batterie hervorgebracht wird, haben gefunden, daß ſie ungefähr wie das Quadrat der Ladung der Batterien für beſtimmte Längen der Dráhte wächſt. Dieſes Geſetz variirt außerdem nach der Dicke der Flaſchen, aus denen die Batterie beſteht. Die dickeren haben eine geringere Schmelzkraft. Cavendiſh hat gefunden, daß die Quantität der Elektricität, welche nöthig iſt um verſchiedene Flaſchen zu laden, deren belegte Oberfläche gleich iſt, im umgekehrten Verhältniß gegen ihre Dicke ſteht. Wenn die Ladung nicht hinreicht, um die Drähte zu ſchmelzen; ſo treten auf der Oberfläche derſelben je nach ihrer natürlichen Beſchaffenheit verſchiedene Farbenerſcheinungen auf. Bei einem Stahldrahte z. B. wird die Färbung nach und nach blau, gelb, hellroth und bei ſtärkerer Ladung ſchmilzt das Metall. Wird die Ladung noch bedeutender, ſo verſchwindet das Metall mit glänzender Flamme und auf einem untergelegten Papiere ſetzt ſich ein feiner rother Staub ab, welcher oxydirtes Eiſen iſt. Die Wirkungen, welche die Metalle erleiden, hängen gleichmäßig von ihren natürlichen Eigenſchaften ab. Platin, Gold und Silber werden geſchmolzen und verflüchtigt. Die beiden erſten werden nicht oxydirt, wie man anfangs glaubte, weil die Hitze, der ſie bei der Schmelzung ſelbſt ausgeſetzt ſind, hinreicht ihre Oxyde zu reduciren. Cuthbertſon hat eine große Anzahl von Beobachtungen über die Schmelzung der Metalle durch Elektricität angeſtellt. Der Apparat, deſſen er ſich dabei bediente, iſt aus einer Glasröhre von 2 oder 3 Zoll Durchmeſſer und 8 Zoll Länge gemacht. An ſeinen beiden Enden iſt er durch eine Dille verſchloſſen, an deren einer ſich ein Hahn befindet, durch den man eine gegebene Quantität Luft oder jedes andere Gas eintreten laſſen kann. Ueber dieſem Hahne befindet ſich im Innern der Röhre eine kleine Spuhle, über die ein Metalldraht und ein Bindfaden gewickelt ſind, die parallel und einer an den andern von 4 zu 4 Z. befeſtigt ſind. Ein 3 Z. langer Cylinder von Kupfer iſt auf die Mitte der oberen Dille geſchraubt. Mittels einer langen Nadel läßt man die Enden des Bindfadens und des Metalldrahts durch den

Cylinder gehen, dann verſchließt man ihn mit einem Stöpſel, ſo daß der Draht und der Bindfaden in der Röhre ſich bewegen. Wenn der Draht verbrannt iſt, ſo ſetzt man mittelſt des Bindfadens einen anderen an ſeine Stelle. Um zu beſtimmen eine wie große Menge Luft abſorbirt worden, paßt man an die innere Mündung des Hahnes eine enge Glasröhre, die etwa 10 Zoll lang und an einem ihrer Enden offen iſt. Das freie Ende wird in ein Gefäß mit Queckſilber gehängt. Wenn der Hahn offen iſt, ſo zeigt die Erhebung des Queckſilbers die Quantität des abſorbirten Gaſes an. (Aehnlich wie bei den Eudiometern ſ. d. Art. Sauerſtoff). Da die Temperatur der Luft bei dieſen verſchiedenen Verſuchen von großem Einfluß iſt, ſo beſtimmt man die Abſorption nicht eher, als wenn jene der Temperatur der umgebenden Luft gleich geworden iſt. Wenn man die Verſuche mit atmoſphäriſcher Luft anſtellt, ſo werden die meiſten Metalle oxydirt, und es findet Abſorption von Sauerſtoff ſtatt. Nach Maßgabe der verſchiedenen Dehnbarkeit der Metalle bringen gleiche Ladungen nicht gleiche Wirkungen auf Drähte verſchiedener Metalle von demſelben Durchmeſſer und von derſelben Länge hervor. Eiſen und Platin erleiden größere Wärmewirkungen als Gold und Silber, welche die Elektricität beſſer leiten. Wenn der Gasbehälter nur mit Waſſerſtoffgas oder Stickgas gefüllt iſt, ſo wird das Metall nur geſchmolzen und in ſehr kleine Theilchen verwandelt. Folgendes iſt die Zuſammenſtellung der Reſultate, welche Cuthbertſon in der Luft bei Drähten aus verſchiedenen Metallen von 10 Zoll Länge erhalten hat, bei Anwendung einer Batterie, deren innere Belegung ungefähr 17 Quadratfuß betrug.

Namen der Metalle.	Durchmeſſer der Drähte	Ladung in Grans des Elektrometers.*)	Farbe des geſammelten metalliſch. Staubes.
Bleidraht	1/90	20	wenig dunkeles grau
Zinndraht	1/90	30	beinah weiß
Zinkdraht	1/90	45	beinah weiß
Eiſendraht	1/150	35	röthlich braun
Kupferdraht	1/150	35	bräunlich purpurroth
Platindraht	1/150	35	ſchwarz
Silberdraht	1/150	40	ſchwarz
Golddraht	1/150	40	bräunlich purpurroth

*) Cuthbertſon's Elektrometer hat folgende Einrichtung (Fig. 228). AB iſt ein langes hölzernes Bret, ungefähr 18 Zoll lang und 6 Zoll breit, in welchem zwei gläſerne Säulen D,E befeſtigt ſind, die drei Metallkugeln E, J, b tragen. Unten an der Meſſingkugel E geht ein langer Metallhaken hervor, den man mit dem äußern Beleg der Batterie verbindet. Mit der Kugel J iſt durch einen Stab der metallene Theil CF verbunden, der ſich in zwei hohle Kugeln endigt, und mit dem innern Beleg der Batterie in Verbindung geſetzt wird. Die Kugel b, welche durch eine meſſingene Röhre mit der Kugel J in Verbindung ſteht, beſteht aus zwei auf einander aufgefügten Halbkugeln, ſo daß man die obere Hälfte ſammt dem daran angebrachten Quadrantenelektrometer abnehmen kann. Mittelſt zweier ſeitlichen

Van Marum hat es mit ſeiner großen Maſchine (ſ. Elektriſirmaſchine) dahin gebracht, einen Eiſendraht von 50 F. Länge zu ſchmelzen. Läßt man die Ladung durch einen mit Gold oder Silber überſponnenen Seidenfaden gehen, ſo wird das Metall verflüchtigt, ohne daß die Seide merklich angegriffen wird, jedesmal unter der Vorausſetzung, daß die Ladung nicht ſehr ſtark ſei. Die elektriſche Entladung begnügt ſich nicht die Metalle und ihre Legirungen zu ſchmelzen und zu verflüchtigen; ſie kann ſelbſt eine chemiſche Trennung der Beſtandtheile der Legirungen bewirken, z. B. beim Meſſing, wo Kupfer und Zink getrennt werden und man ihre Oxyde auf einer Glastafel ſammeln kann.

Wie die Elektricität die Körper in ihre Beſtandtheile zerlegen und zugleich neue Verbindungen herſtellen kann (wie in den eben erwähnten Fällen) ſo können durch ſie gewiſſe Oxyde auch in metalliſchen Zuſtand zurückgeführt werden. Man bringt in eine horizontale Glasröhre eine kleine Quantität Zinnoxyd und in das Innere der Röhre in geringem Abſtande von einander die beiden Leiter des allgemeinen Ausladers, ſo reduciren die elektriſchen Schläge allmälig einen Theil des Oxyds und man bemerkt auf der Oberfläche der Röhre kleine Theilchen metalliſchen Zinns.

Einſchnitte geht durch dieſe Kugel die Meſſingſtange GH hindurch, die mittelſt zweier ſcharfen Zapfen auf einer dazu eingerichteten Pfanne ruht, ſo daß ſie ſich aus ihrer horizontalen Lage begeben und ihre Kugel H gegen die Kugel E bewegen kann. Die Stange iſt ſolchergeſtalt nichts anders, als ein zweiarmiger Hebel, welcher durch die Kugeln G und H genau ins Gleichgewicht gebracht iſt, und deſſen Schwerpunkt etwas oberhalb ſeines Ruhepunktes fällt. Bei horizontaler Lage des Hebels berühren ſich die Kugeln G und F; durch Senkung des Arms bH aber kommt die Kugel H mit der Kugel E in Berührung, die bei horizontaler Lage des Arms 4 Zoll davon entfernt iſt. Der Arm Gb iſt mit einer Gradeintheilung verſehen, und mittelſt eines verſchiebbaren Gewichts, welches daran angebracht iſt, kann man, je nach der größeren oder geringeren Entfernung deſſelben vom Ruhepunkt, die Kugel G mit verſchiedener und meßbarer Kraft gegen die Kugel F angedrückt halten. Es leuchtet ein, daß, wenn die Kugeln F und G einen gewiſſen Grad gleichartiger Ladung erhalten, ſie ſich wechſelſeitig abſtoßen werden, und daß, wenn dieſe Abſtoßung das Gewicht, welches ſie an einander gedrückt hält, überwiegt, der Arm Gb ſich erheben, dabei das als ſehr leicht beweglich vorausgeſetzte Gewicht nach b herabgleiten machen, der Arm bH aber ſich nach der mit dem äußern Beleg verbundenen Kugel E ſenken wird, und daß ſolchergeſtalt die Gemeinſchaft zwiſchen dem innern und äußern Beleg hergeſtellt werden wird. Indem man nun das Gewicht immer auf denſelben oder auf verſchiedenen Stellen des Arms Gb anbringt, wird man begreiflich ſtets Entladungen von gleicher oder von verſchiedener, aber vergleichbarer Stärke hervorbringen können. In die Verbindung zwiſchen E und N wird begreiflicher Weiſe der Körper gebracht, an dem die Wirkung des Entladungsſchlages beobachtet werden ſoll.

Der Zinnober wird durch eine mäßige Leidner Flaſche zerlegt, das Queckſilber und der Schwefel (die Beſtandtheile des Zinnobers) hängen abgeſondert von einander am Glaſe.

Der elektriſche Schlag hat die Eigenthümlichkeit, verbrennbare Körper bei Berührung mit der Luft zu entzünden, wenn er über die Oberfläche derſelben hingeht, ſelbſt wenn dieſe Körper ſchlechte Elektricitätsleiter ſind. Einige Beiſpiele dieſer Entzündung ſind folgende. Man gieße Aether oder Alkohol in ein iſolirtes metallenes Gefäß, welches man elektriſirt. Hierauf braucht man nur den Finger der Oberfläche der Flüſſigkeit zu nähern, um einen Funken herauszuziehen, ſo wird ſich dieſelbe entzünden. Wenn der Alkohol nicht ſehr rectificirt iſt (noch viel Waſſer enthält) muß man erſt ſeine Temperatur erhöhen, um die Entzündung zu bewerkſtelligen. Um Harz zu entzünden, ſtreut man es in Geſtalt eines feinen Pulvers auf Baumwolle, welche man in die Leitung eines Schlages von einer ſtarken Leidner Flaſche bringt, ſo entzündet ſich zuerſt das Harz und dann auch die Baumwolle. Man kann, wenn man will, das Harz in Pulverform auf Waſſer bringen, über welches man in geringem Abſtande vom Niveau zwei Metalldrähte bringt, ſo daß ihre Enden etwa 4 oder 5 Zoll von einander abſtehen. Der Schlag aus einer Flaſche reicht hin die Entzündung zu bewirken. Durch daſſelbe Mittel wird auch Phosphor entzündet.

Wenn man zwiſchen drei Glasplatten zwei ſehr dünne Goldplättchen legt, ſo daß dieſe etwas über das Glas vorragen, und durch die Goldplättchen die Ladung einer großen Flaſche gehen läßt, ſo werden ſie geſchmolzen und in die Glasoberfläche hineingetrieben. Die äußern Glasplatten werden dabei in der Regel zerſchmettert, während die mittlere ganz bleibt und auf beiden Seiten einen unvertilgbaren Metallfleck bekommt. Man lege einen Streifen Gold oder Silberblatt auf weißes Papier und laſſe durch ihn einen ſtarken Schlag gehen; ſo verſchwindet das Metall mit einem glänzenden Blitz und das Papier zeigt einen Fleck von Purpur- oder grauer Farbe. Singer beſchreibt ein Verfahren, mit Hilfe deſſen man auf Seide oder Papier oder andere Gegenſtände colorirte Verzierungen verſchiedener Art bringen kann. Man zeichnet zunächſt auf ein dickes Papier die Skizze der darzuſtellenden Figur und ſchneidet ſie dann aus. Der Ausſchnitt wird auf die Seide oder das Papier gelegt, auf dem man den Abdruck haben will, und mit einem Goldblatt belegt, über das man ein Kartenblatt deckt. Das Ganze wird dann zuſammengepreßt und durch das Goldblatt ein elektriſcher Schlag geleitet. Das Gold kann ſich natürlich nur an der Stelle der ausgeſchnittenen Zeichnung einprägen.

Prieſtley hat kreisförmige Flecke beſchrieben, welche auf Metallſtücken durch ſtarke elektriſche Schläge hervorgebracht werden. Nachdem er eine Batterie von 40 Quadratfuß Belegung mit einem Knopf von polirtem Kupfer entladen hatte, bemerkte er auf der Oberfläche einen ziemlich großen kreisförmigen Fleck, deſſen Mittelpunkt geſchmolzen war, und der von einer großen Anzahl Punkten gebildet wurde, die um ſo größer waren, je näher am Mittelpunkte ſie lagen. Jenſeit dieſes Fleckes fand ſich ein ſchwarzer Staub, welcher nicht anhing, dann ein ganzer

Kreis glänzender Punkte, die aus oberflächlich geſchmolzenen Theilen ähnlich denen in der Mitte beſtanden. Fig. 229. ſtellt das beſchriebene Reſultat dar. Aehnliche Flecke wurden auf polirten Platten von Blei und Silber hervorgebracht, nur daß beim Silber der Mittelfleck aus vom Mittelpunkte ausſtrahlenden Punkten beſtand. Durch das Mikroſkop betrachtet erſchienen die glänzenden Punkte des Mittelfleckes und die des äußeren Kreiſes als eben ſo viele kleine Höhlungen. Auf einer Goldplatte bemerkte man außer den Höhlungen kleine aus der Schmelzung des Metalls entſtandene hohle Metallkügelchen. Prieſtley fand, daß die Höhlungen auf verſchiedenen Metallen mehr oder weniger tief waren nach folgender Ordnung: Zinn, Blei, Meſſing, Gold, Stahl, Eiſen, Kupfer, Silber. Bei Wismuth und Zink verhielten ſie ſich ungefähr wie beim Eiſen. Er brachte es auch dahin zwei und ſogar noch mehre concentriſche Kreiſe zu erhalten, wenn er den Schlag einer Batterie von 38 Quadr. Fuß mit einem Stücke Zinn nahm. Der zweite Kreis befand ſich in demſelben Abſtande vom erſten, wie dieſer vom Mittelfleck, und war aus ſehr feinen Punkten zuſammengeſetzt. Fig. 230. zeigt die beiden Kreiſe. Als er bei dem Verſuche eine ſchmelzbare Legirung anwendete, erhielt er drei concentriſche Kreiſe (Fig. 231.); wobei der äußerſte Kreis von dem mittlern nicht genau eben ſo weit abſtand, wie dieſer vom Mittelflecke. Als er an die Stelle der Metallplatten ein Stück Kohle brachte, ſo ſchien dieſes geſchmolzen und in kleine Häufchen geſammelt in einem Raume von der gewöhnlichen Größe eines kreisförmigen Fleckes. Mit einem Stück Reißblei erhielt er weder geſchmolzene Theile, noch einen kreisförmigen Fleck, aber ſtatt deſſen eine gelbe Subſtanz, wie Schwefel, aus der ſich ein widerlicher Geruch entwickelte.

Fuſinieri hat bemerkt, daß der die Luft durchfahrende elektriſche Funke, wenn er von einem meſſingenen Conductor ausgeht, Meſſing im Zuſtande der Schmelzung und glühende Zinktheilchen mit ſich fortführt. Geht er von einer ſilbernen Kugel aus, ſo führt er ſchmelzendes Silber mit ſich fort; geht er aber durch eine Kupferplatte hindurch, ſo wird das Silber durch dieſes Metall hindurchgeführt, das es in einer Ausdehnung von mehren Centimetres durchbohrt, wenn der Durchgang von einer Oberfläche zur anderen ſchief gerichtet iſt; ein Theil des Silbers wird dann in der Oeffnung feſtgehalten, die im Kupfer entſtanden iſt, während der andere Theil in die Kugel des auf der andern Seite angebrachten Entladers eindringt. Das durch den elektriſchen Funken und Schlag fortgeführte Gold verhält ſich eben ſo in Bezug auf eine Silberplatte, die er durchbohrt. Ein Theil des Goldes bleibt im Silber und ſetzt ſich an beiden Oberflächen ab in Geſtalt kleiner kreisförmiger Blättchen, die ſo zart ſind, daß ſie kurze Zeit nachher verſchwinden. Bei dieſen Ueberführungen iſt die Wirkung gegenſeitig, d. h. wenn der Funke z. B. zwiſchen Silber und Kupfer überſpringt, ſo wird ebenſowohl Silber nach dem Kupfer als Kupfer nach dem Silber übergeführt. Fuſinieri hat die Bemerkung gemacht, daß die Ueberführung des einen Metalles zum anderen von zwei ſtarken entgegengeſetzten Stößen begleitet iſt, welche durch das fortgeführte Metall

bewirkt werden, der eine findet an der Stelle ſtatt, wo es ſich losgemacht hat, der andere an der Stelle, wo es in das andere Metall eingedrungen iſt; die Exiſtenz dieſer beiden Stöße ſieht man aus dem Vorhandenſein zweier entgegengeſetzten Hohlungen, welche daſſelbe Metall in einem Zuſtande enthalten, welcher eine Schmelzung anzeigt. Wenn der Funken von einem Metall ausgeht und in die Luft geht, ſo führt er mit ſich eine Anhäufung von Beſtandtheilchen (Molekules), deren Mitte im Zuſtande der Schmelzung ſich befindet und deren äußerer Theil Verbrennung erleidet. Nach Fuſinieri iſt das elektriſche Princip mit einer Kraft freiwilliger Ausdehnung begabt, von der man ſich Rechenſchaft gibt durch die Art und Weiſe, in der das Meſſing und das Gold auf einer polirten Silberfläche ſich verſtreuen. Dieſe Metalle ſetzen ſich hier als außerordentlich kleine Blättchen ab, die ſich endlich verflüchtigen. Schon Prieſtley hatte derartige Wirkungen beobachtet, eben ſo wie Ueberführungserſcheinungen. Das erſte Mal, wo er von einer elektriſchen Batterie Gebrauch machte, bemerkte er, daß ſich bei jeder Entladung ein ſchwarzer Staub erhob, der von Metall herrührte, obſchon der Metalldraht nicht geſchmolzen wurde und die Kette, deren er ſich bediente, ſehr ſtark war. Er beobachtete ferner, daß ein Blatt Papier, auf welches er die Kette gelegt hatte, überall mit einem ſchwarzen Flecke bezeichnet war, wo ſie das Papier berührt hatte, und daß die Kette einen kleinen Theil ihres Gewichtes verloren hatte. Um ſich von der Wirkung der Zerſtreuung recht zu überzeugen, ließ Prieſtley den Schlag durch ein Stück Kohle gehen; ſie wurde in Staub verwandelt, die Pappe, auf der ſie gelegen hatte, wurde zerriſſen und die Kohle drang in das Innere. Wurde die Kette auf eine Glasplatte gelegt, ſo ſetzten ſich hier nach dem Schlage Flecke von gefälligem Anſehn ab, an Breite und Farbe den einzelnen Kettengliedern entſprechend. An dem äußeren Theile dieſer Flecke konnte das Metall leicht von dem Glaſe abgehoben werden, während es in dem unteren Theile mit dem Glaſe zu einem Körper ſich vereinigt hatte.

Die chemiſchen Wirkungen des elektriſchen Schlages ſind ähnlich denen der galvaniſchen Elektricität. Folgende iſt Wollaſtons Vorrichtung, um die Zerlegung des Waſſers mittelſt gemeiner Reibungselektricität zu bewirken. Man bringt in Haarröhrchen, deren Enden an der Lampe erweicht werden, ſehr dünne Gold- oder Platindrähte, ſo daß ſich das Metall ſehr genau an das Glas anſchließt. Mit einem ſchneidenden Inſtrument ſchneidet man denjenigen Theil des Drahtes ab, der aus dem geſchmolzenen Ende des Glaſes hervorragt, ſo daß man nur noch mit der Lupe einen metalliſchen Punkt gewahren kann. Statt ſehr feiner Gold- oder Platindrähte kann man, wenn man will, mit Silber überzogene Platindrähte nehmen. Nachdem man den vorſtehenden Theil abgeſchnitten hat, ſenkt man das Ende in Salpeterſäure um das Silber aufzulöſen; es bleibt nur eine Spitze von außerordentlicher Feinheit übrig. Zwei dieſer Röhren bringt man in ein mit Waſſer gefülltes Gefäß, ſo daß die Spitzen nahe eine bei der andern ſtehen. Einer der Drähte wird mit dem Erdboden in leitende Verbindung geſetzt, während der andere an einen metalliſchen Leiter befeſtigt wird, welcher

in geringem Abſtande von dem Conductor einer Elektriſirmaſchine abſteht. So wie die Maſchine in Thätigkeit geſetzt wird, entſteht eine Reihe von Funken, welche an den Metallenden im Waſſer eine Erzeugung von Gas bewirken, welches unter kleinen umgeſtürzten mit Waſſer gefüllten Gefäßen aufgefangen wird. (Vergl. Galvanismus S. 565.) Fängt man die Gaſe jedes beſonders auf, ſo findet man, daß das Volumen des einen doppelt ſo groß als das Volumen des anderen iſt, daß das eine die Verbrennung unterhält (Sauerſtoffgas) und daß das andere in Berührung mit der Luft detonirt (Waſſerſtoffgas). Das Waſſer iſt alſo vollkommen in ſeine Beſtandtheile zerlegt worden. Obſchon aber eine ununterbrochene Gaserzeugung ſtattfindet, ſo ſind die Blaſen doch ſo klein, daß eine ziemlich lange Zeit erforderlich iſt, um eine merkliche Quantität zu erhalten. Wollaſton fand, daß die Gasentwicklung um ſo ſchneller vor ſich ging, je feiner die Spitzen waren, daß in dieſem Falle die Wirkung in einen Punkt concentrirt war und daß die Waſſerzerſetzung mit Spitzen von $\frac{1}{100}$ Zoll Durchmeſſer bei $\frac{1}{8}$ Z. und mit Spitzen von $\frac{1}{1500}$ Z. Durchmeſſer bei $\frac{1}{20}$ Z. Abſtand der iſolirten Kugel (in die der eine Draht befeſtigt) vom Conductor erfolgte, nach welchem Abſtande die Länge der Funken ſich beſtimmt. Er hat unterſucht, bis zu welchem Grade die Stärke des Funkens durch eine entſprechende Verminderung der Drahtenden verringert werden könne, und brachte zu dem Ende eine Goldauflöſung von Königswaſſer in ein Haarröhrchen. Nachdem das Röhrchen erhitzt worden war, um die Säure zu verdampfen, blieb eine außerordentlich dünne Lage Goldes zurück, welche das Innere der Röhre überzog. Nachdem dieſe letztere bis zur Erweichung erhitzt worden war, bildete ſich in der Mitte derſelben ein ſehr dünner Golddraht, und indem er mit dieſem Röhrchen den Verſuch anſtellte, fand er, daß ein einfacher Elektricitätsſtrom eine Reihe ſehr kleiner Gasblaſen am Ende des Golddrahtes erzeugte, obgleich das andere Ende, durch welches dieſer Draht mit dem Conductor der Maſchine in Verbindung war, mit dieſem in unmittelbarer Berührung ſtand, und auf dem Wege, den die Elektricität nahm, kein Funke mehr entſtand.

Wenn man weniger gute Elektricitätsleiter an die Stelle bringt, ſo kann man von ſo feinen Drähten, wie man zur Waſſerzerſetzung braucht, abgehen, weil die geringere Leitbarkeit die Elektr. eine größere Spannung erlangen läßt, ehe der Funke überſpringt. Wenn man Zerſetzung der Oele, des Aethers, des Weingeiſtes u. ſ. w. bewirken will, ſo braucht man ſie nur in oberwärts verſchloſſene Röhren einzuſchließen, in welche in Spitzen auslaufende Platindrähte mit gewiſſen Längen eintreten. Man ſtürzt die Röhren in ein mit Queckſilber gefülltes Gefäß, welches man in geringe Entfernung von einem elektriſirten Körper ſtellt, um daraus eine ununterbrochene Reihe von Funken zu ziehen. Die Spitze des durch die Röhre gehenden Drahtes muß dem Queckſilber hinreichend nahe gebracht ſein, damit die Funken zwiſchen beiden überſpringen können. Man bemerkt alsbald, wie ſich die Gaſe in den oberen Theil erheben. Die Gasblaſen, welche man bei den Oelen erhält und im allgemeinen bei ſchlechtern Leitern, ſind ſehr dick.

Obgleich dieſe Art der Zerlegung etwas langwierig iſt, ſo kommt man doch mit einiger Geduld zu Reſultaten, welche mit denen der chem. Analyſe in Uebereinſtimmung ſind. Wir wollen einige Beiſpiele anführen. Der Aether gibt nach einigen Verſuchen ölbildendes Gas oder Kohlenwaſſerſtoffgas im Minimum und Sauerſtoffgas, die ungefähr in folgendem Verhältniß ſtehen: Oelbildendes Gas — zwei Maß, Waſſerſtoffgas — Ein Maß, Sauerſtoffgas — ein halb Maß; die beiden letzten geben zuſammen Ein Maß Waſſerdampf. Die zerſetzte Quantität Aether, welche zwei Maß ölbildenden Gaſes und Einem Maß Waſſerdampf entſpricht, liefert genau die Antheile Gas, welche Gay-Luſſac für die Zuſammenſetzung dieſes Stoffs gefunden hat, d. h. die Gaſe, welche zwei Maß ölbildendes Gas und Ein Maß Waſſerdampf bilden, ſind im Aether in Eins verdichtet. Bei denſelben Verſuchen mit Weingeiſt erhält man Ein Maß ölbildendes Gas, Ein Maß Waſſerſtoffgas und ein halb Maß Sauerſtoffgas, die zuſammen Ein Maß Weingeiſt geben, deſſen Zuſammenſetzung aus Ein Maß ölbildendes Gas und Ein Maß Waſſerdampf in Ein Maß condenſirt geſchieht. Die Oele geben Kohlenwaſſerſtoffgas (im Maximum), Waſſerſtoffgas und Sauerſtoffgas in verſchiedenen Verhältniſſen.

Um die Zerlegung metalliſcher Auflöſungen zu bewirken, ſenkt man in eine Kupferauflöſung zwei Silberdrähte, die ſo in Siegellack eingehüllt ſind, daß nur die äußerſten Spitzen frei ſind. Wenn man zwiſchen den Drähten eine Reihe von Funken überſpringen läßt, ſo wird man bald an dem negativen Drahte (der die negat. Elektr. zuleitet) metalliſches Kupfer gewahren. Man kann die beiden Drähte mit dem negat. und poſit. Conductor einer Elektriſirmaſchine verbinden, die zugleich beide Elektricitäten gibt, dann wird die Wirkung etwas ſchneller vor ſich gehen.

Es wurde oben geſagt, daß, wenn man zwei Drähte von nicht oxydirbarem Metall mit feinen Spitzen in Waſſer taucht und Funken zwiſchen ihnen übergehen läßt, an der einen Metallſpitze, durch welche die poſitive Elektr. ſich fortpflanzt, Waſſerſtoffgas, an der andern, durch welche die negat. Elektr. ſich fortpflanzt, Sauerſtoffgas ſich bildet. Daſſelbe Reſultat erhält man mit einer einzigen Metallſpitze, vorausgeſetzt, daß die Flüſſigkeit mit dem Erdboden in leitender Verbindung ſteht.

Der elektriſche Funke kann mit Vortheil zu Zerlegung der Gaſe angewendet werden. Man bedient ſich hierbei einer an dem einen Ende verſchloſſenen Glasröhre, in deſſen Nähe zwei Metalldrähte befeſtigt ſind, welche in das Innere der Röhre reichen. Man füllt dieſe Röhre mit Queckſilber und kehrt ſie hernach in einem Gefäße mit Queckſilber um. Darauf läßt man das Gas in hinreichender Menge aufſteigen, bis durch daſſelbe das Queckſilber bis unter die Metalldrähte herabgedrückt iſt, zwiſchen denen man den elektriſchen Funken überſpringen läßt. Auf dieſe Weiſe hat man bei verſchiedenen Gaſen folgende Reſultate erhalten:

Gaſe.	Producte der Zerlegung.
Doppelt Kohlenwaſſerſtoffgas...	Kohlenſtoff und Waſſerſtoff. Das Volumen des Waſſerſtoffs doppelt.
Oelbildendes Gas...............	Kohlenſtoff und Waſſerſtoff. Das Volumen des Waſſerſtoffs doppelt.
Schwefelwaſſerſtoff.............	Schwefel ſchlägt ſich nieder, Wſſrſtffgas wird frei; das Volumen des Gaſes bleibt unverändert. In der That, da das Schwefelwaſſerſtoffgas aus zwei Volumen Waſſ. u. Schwef. in Gasform gebildet wird, indem dieſe zu Ein Vol. ſich condenſiren, ſo kann bei der angegebenen Zerlegung keine Veränderung im Vol. ſtattfinden.
Ammoniakgas....................	Stickſtoff u. Waſſerſtoff. Das Vol. des Gaſes wird verdoppelt. Die Analyſe gibt 3 Vol. Waſſ. u. 1 Vol. Stickſtoff verbunden in 2 Vol.
Phosphorwaſſerſtoff............	Phosphor ſchlägt ſich nieder, Waſſerſtoffgas wird frei mit unverändertem Vol.
Kohlenſäure....................	Ein Theil verwandelt ſich in Kohlenſtoffoxydgasu . das Vol. vermehrt ſich; die Zerlegung iſt nie vollſtändig.
Salzſäure......................	Waſſerſtoffgas u. Chlor.
Salpetergas....................	Salpeterſäure u. Stickſtoff.

Dieſe Beiſpiele zeigen hinlänglich, daß die zuſammengeſetzten Gaſe mit gehöriger Vorſicht zerſetzt und ihre Beſtandtheile in Gasform geſammelt werden können, vorausgeſetzt, daß ſie in Waſſer oder Queckſilber nicht auflöslich ſind, oder daß die einen nicht auf die anderen reagiren können. Man beſitzt alſo in der Elektr. ein Mittel das Verhältniß der zuſammenſetzenden Gaſe zu den zuſammengeſetzten zu finden.

Der elektr. Schlag kann aber auch die Zuſammenſetzung, chem. Vereinigung der Gaſe bewirken. Bringen wir in eine mit Queckſilber gefüllte Glasröhre, die in einem Gefäß mit Queckſilber umgeſtürzt worden, zwei Vol. Waſſerſtoffgas und Ein Vol. Sauerſtoffgas, ſo daß beide zuſammen ungefähr einen Zoll einnehmen, und laſſen wir dann zwiſchen zwei in die Röhre und in das Gas eintauchenden Drähten einen Funken überſpringen, ſo entzündet ſich das Gas mit Exploſion und das Queckſilber erhebt ſich in den oberen Theil der Röhre, welches dann mit einer dünnen Lage Waſſer bedeckt iſt, welche durch die Verbrennung des Gasgemenges gebildet worden. Die Wände der Röhre müſſen hinlänglich dick ſein um bei der Exploſion nicht zerſchmettert zu werden. Da die Quantität des Waſſers in Folge einer Detonation immer ſehr klein iſt, ſo kann man um ſie merklicher zu machen, den Verſuch in folgender Weiſe anſtellen. Man nimmt eine Kugel von dickem Glas, die mit einem Hahne und einem in ſie reichenden Drahte verſehen iſt, der in das Innere tretend in geringem Abſtande von der Dille, in welche der Hahn geſchraubt iſt, endigt. Man macht die Kugel luftleer und bringt ſie nachher über einen gleichfalls mit einem Hahne verſehenen Recipienten, der ein Gemenge von Waſſerſtoffgas und Sauerſtoffgas in dem zur Waſſerbildung erforderlichen Verhältniſſe enthält. Werden die Hähne geöffnet, ſo füllt ſich die Kugel mit dem

Gasgemenge. Verſchließt man ſodann die Hähne und läßt zwiſchen Draht und Dille im Innern der Kugel einen Funken überſpringen, ſo erfolgt die Detonation des Gaſes und die Kugel beſchlägt ſich augenblicklich inwendig mit Waſſerdunſt. Man öffnet nun den Hahn aufs Neue und läßt wieder Gas aufſteigen und wieder den Funken überſchlagen (nach Verſchließung der Hähne). Dieſe Operation kann ſo oft wiederholt werden, als noch Gas in dem Recipienten iſt, es bildet ſich bei jedem Schlage mehr Waſſerdunſt und endlich erhält man ſichtbare Waſſertropfen, die ſich an der innern Wandung der Kugel anſetzen. Bekanntlich iſt dieſe Erſcheinung zur Herſtellung des Eudiometer (ſ. d. Art. Sauerſtoffgas) benutzt worden, ſo wie zur Conſtruction der elektriſchen Piſtole (ſ. d. Art.). Auch die elektriſche und Döbereinerſche Lampe (ſ. d. Art. Feuerzeug S. 433.) ſind auf demſelben Princip beruhende Erfindungen.

Nicht Waſſerſtoff und Sauerſtoff allein, ſondern auch andere Gasarten laſſen ſich ſolchergeſtalt durch den elektr. Funken zur Verbindung disponiren. So bemerkte ſchon Prieſtley, daß, wenn man elekt. Funken eine beträchtliche Zeit hindurch durch eine eingeſchloſſene Maſſe atmoſphäriſcher Luft gehen läßt, ſich ihr Umfang vermindert und hineingebrachte Pflanzenpigmente geröthet werden, zum Zeichen einer gebildeten Säure. Cavendiſh und Gilpin, welche dieſen Verſuch mit großer Genauigkeit wiederholten, fanden, daß dieſe Säure Salpeterſäure ſei, gebildet auf Koſten des Sauerſtoffes und Stickſtoffes der atmoſphäriſchen Luft. Wenn man durch ein Gemenge von Waſſerſtoffgas und atm. Luft elektr. Funken ſchlagen läßt, ſo bildet ſich außer Waſſer und etwas Salpeterſäure noch überdieß etwas Ammoniak auf Koſten des Waſſerſtoffs und Sauerſtoffs, welche Umſtände bei den eudiometriſchen Verſuchen Berückſichtigung erfordern. Ueberhaupt werden ſich nachſtehende Gasgemenge ſtets entzünden, ſelbſt meiſt, wenn nur ein einfacher Funken, wie ihn ein Elektrophor zu geben vermag, hindurch geleitet wird. Sind dabei die Gasarten in den beiſtehenden Maßverhältniſſen gemengt, ſo ſind die Producte ihrer Verbrennung, wie die zweite Spalte zeigt; iſt hingegen das brennbare Gas oder das Sauerſtoffgas im Ueberſchuß vorhanden, ſo bleibt eins von beiden unverändert übrig. Beträgt dieſer Ueberſchuß ſehr viel, ſo erfolgt ſogar gar keine Verbrennung; denn es hat ſich ergeben, daß in jedem einzelnen Falle ein beſtimmtes Maximum für das brennbare, wie für das Sauerſtoffgas ſtattfindet, bei welchem noch wenigſtens eine theilweiſe Verbrennung erfolgt; überſchreitet dieſes oder jenes dieſes Maximum, ſo verliert das Gasgemenge ſeine Fähigkeit, durch den elektr. Funken entzündet zu werden.

Gasgemenge in den untenſtehenden Verhältniſſen der Volumina angewendet,	liefern nach dem Durchſchlagen elektriſcher Funken.
5 Vol. atm. L. + 2 Vol. Waſſerſtoffgas...	Waſſer + 4 Vol. Stickſtoff.
1 Vol. Waſſerſt. + 1 Vol. Srſt...........	Waſſer.
1 Vol. Khlſtofforydgas + 1 Vol. Srſt......	2 Vol. kohlenſ. Gas.
1 Vol. Khlwaſſerſtoffgas + 2 Vol. Srſt.....	Waſſer + 1 Vol. Gas.
1 Vol. ölb. Gas + 3 Vol. Srſt............	Waſſer + 2 Vol. kohlſ. Gas.

Gasgemenge in den untenſtehenden Verhältniſſen der Volumina angewendet,	liefern nach dem Durchſchlagen elektriſcher Funken.
2 Schwefelwaſſerſtoffgas + 3 Sauerſtoffgas.	Waſſer + 2 ſchwefligſaures Gas.
4 ſalzſ. Gas + 1 Srſtoffgas...............	Waſſer + 2 Chlor.
1 Arſenikwaſſerſtoffgas + 2 Sauerſtoffgas.	Waſſer + arſenige Säure.
4 Ammoniakgas + 3 Srſtoffgas............	Waſſer + 2 Stickgas.
1 Blauſtoffgas + 2 Srſtoffgas..............	2 kohlenſ. Gas + Stickgas.
2 Schwefelwaſſerſtoffgas + 1 Sauerſtoffgas.	Waſſer + Schwefel.
1 Chlorgas + 1 Waſſerſtoffgas............	2 ſalzſ. Gas.
2 Stickgas + 7 Sauerſtoffgas..............	Salpeterſäure.

Beſondere Erwähnung verdient noch die Entzündung des Schießpulvers durch den elektriſchen Schlag, welche nicht immer, ſondern nur unter gewiſſen Bedingungen ſtattfindet, über die ſich Pfaff wie folgt ausſpricht. „Wenn der Verbindungskreis durch unvollkommene Leiter z. B. durch Stücke trockenen Holzes, durch inwendig angefeuchtete Glasröhren u. dergl. unterbrochen wird, ſo entſtehen dadurch anhaltend ſchneidende Funken oder Büſchel, die nicht erſchüttern, aber an dem Theile des Leibes, wo ſie eindringen, eine höchſt widrige Empfindung verurſachen. Wolf hat dieſe Art der Entladung zuerſt angewendet, um mit Batterien von wenigen und kleinen Flaſchen Schießpulver zu entzünden. Dieſes wird in eine kleine fingerhutartige Büchſe von Elfenbein oder Buchsbaum geſchüttet, in welche ſeitwärts Drähte geſchraubt ſind, die in dem Schießpulver etwa eine halbe Linie von einander abſtehen, und in den Entladungskreis, von welchem dieſe Vorrichtung einen Theil ausmacht, wird mittels metallener Häkchen, die ſie an beiden Seiten hat und die man am bequemſten durch Korke in ihr befeſtigt, eine Glasröhre gebracht, deren Wände überall durch ein paar Tropfen Waſſer befeuchtet ſind. Viele Jahre ſpäter ſind dieſe Verſuche als ganz neu von den Engländern Leuthweite und Woodwart bekannt gemacht und durch einige neue Erfahrungen vermehrt worden. Das Merkwürdige in dieſen Verſuchen iſt, daß derſelbe Schlag einer großen Flaſche oder Batterie, wenn dieſelbe durch bloß metallene Leiter entladen wird, das Schießpulver blos zerſtreut, ohne es zu entzünden. Die von Leuthweite gebrauchte Flaſche hatte einen Quadratfuß Belegung, und entlud ſich von ſelbſt, wenn das Quadrantenelektrometer auf 90° zeigte. Die angewandte Glasröhre war 6 Zoll lang und hatte 0,3 Zoll Durchmeſſer. Sie war mit zwei Korkſtöpſeln geſchloſſen, durch welche Drähte gingen. a. War die Röhre mit Waſſer gefüllt, ſo entzündete ſich das Schießpulver bei 60° Ladung der Flaſche, nicht aber bei einer ſchwächeren. b. Bei der Füllung der Röhre mit Schwefeläther erfolgte die Entzündung nicht eher als bei 60°, bei der Anfüllung mit Alkohol aber ſchon bei 30°. c. War endlich die Röhre mit Schwefelſäure oder Salzſäure gefüllt, ſo erfolgte die Entzündung nie, auch wenn die Flaſche bis auf 80° geladen war. Woodwart bemerkte, daß eben ſo wenig Entzündung des Schießpulvers zu bewirken war, wenn die Leitung durch den thieriſchen Körper ging, oder durch Waſſer, das nicht in Röhren eingeſchloſſen war, und er erklärt ſich dieſes letztere daraus, daß das Waſſer uneingeſchloſſen in Röhren dem Durch-

gange der Elektr. keinen hinlänglichen Widerſtand leiſte.“ Doch haben Schweigger und Pfaff gefunden, daß die Entzündung gleichfalls oft gelinge, wenn die metalliſche Leitung durch einen angefeuchteten Strick unterbrochen wird.

Wenn der elektriſche Schlag einen lebendigen thieriſchen Körper trifft, ſo hat derſelbe eine eigenthümliche Empfindung und unwillkürliche Zuſammenziehung der Muskeln, welche als elektriſche Erſchütterung bezeichnet wird. Je heftiger der Schlag iſt, deſto heftiger wird auch dieſe Empfindung. Man bedient ſich, um ſie zu vermeiden, bei der Entladung der Flaſchen und Batterien des ſogenannten Ausladers (ſ. d. Art.), der mit einem iſolirenden Handgriff verſehen iſt. Dieſer letztere iſt jedoch überflüſſig, ſobald der Draht des Ausladers die hinreichende Dicke hat; man kann ihn in dieſem Falle ohne weiteres in die Hand nehmen, ohne eine Erſchütterung zu erhalten. Die Wirkungen ſtarker elektriſcher Schläge können bis zur Lähmung des getroffenen Gliedes, ja bis zur Tödtung gehen. Solche großartige Wirkungen treten namentlich bei dem ſtärkſten elektr. Schlage, dem Blitz auf (ſ. d. Art.). Kleinere Thiere können ſchon durch kleine Schläge getödtet werden. So reichte bei Verſuchen von Prieſtley der Schlag von 6 Quadratfuß Belegung hin, eine Ratte, und von 33 bis 38 Quadratfuß, eine Katze zu tödten. Van Marum ſtellte Verſuche über die Wirkung des elektr. Schlages auf die Reizbarkeit des thieriſchen Körpers mit einer Batterie von 550 Quadratfuß Belegung an, und fand u. a., daß die zählebigſten Aale getödet wurden und jede Spur von Reizbarkeit verloren hatten (die ſie in den einzelnen Theilen ſonſt noch lange nach dem Zerſchneiden in einzelne Stücke behalten), wenn ein elektr. Schlag durch ihren ganzen Körper der Länge nach geführt wurde. Ging der Schlag ſenkrecht durch einen einzelnen Theil, ſo verlor nur dieſer ſeine Reizbarkeit. Eine ähnliche die Reizbarkeit aufhebende, lähmende Wirkung hat der elektr. Schlag auch auf Pflanzen, wie Verſuche von van Marum und Nairne gezeigt haben.

Ueber die medic. Anwendung des elektr. Schlages ſ. d. Art. Elektricität, ſo wie über die Eigenſchaft, phosphoriſche Körper leuchtend zu machen den Art. Licht S. 339., und über die Erregung des Magnetismus den Art. Elektromagnetismus.

Den Schall, welcher den elektr. Schlag begleitet, **leitet** man von der Schnelligkeit ab, mit welcher der Funke die Luft zertheilt. Er nimmt im Allgemeinen mit der Stärke der Ladung zu. Einen verhältnißmäßig ſehr ſtarken Schall ſoll man in folgender Weiſe erhalten. Man nimmt 4 bis 6 Platten von ſehr dünnem Theeblei, am beſten 5 Zoll ins Gevierte, ſchiebt ſie in Falze in einem dazu verfertigten hölzernen Troge, die beiden mittelſten in einer Entfernung von 3 bis 5 Zoll, die übrigen 8 bis 10 Linien von einander. Die äußern verbindet man durch ſehr feine Bleiſtreifen, welche man in der Mitte der Platten mit Wachs feſtklebt; ſie müſſen ſo ſchmal ſein, daß die Batterie ſie zu zerſtieben vermag, die beiden innerſten ebenſo durch Stahldraht, der ſo ſtark ſein muß, daß er nur in Kugeln ſchmilzt. Die Kügelchen des

geſchmolzenen Eiſendrahts werden rings umher geſchleudert und durchbohren die beiden innern Platten gleich Sieben.

Der elektriſche Schlag läßt ſich auf außerordentliche Weiten fortleiten, ohne merkbaren Zeitverluſt. Am beſten bemerkt man dieß, wenn man ſich ſelbſt zu einem Gliede der Kette macht, an der den Schlag begleitenden Erſchütterung. Watſon hat in dieſer Beziehung intereſſante Verſuche angeſtellt. Bei dieſen wurde die Erſchütterung erſt über die Themſe, dann durch die Windungen eines Fluſſes, dann durch eine Verbindung von 4 engl. Meilen, nämlich 2 Meilen Draht und 2 M. trockenen Landes, endlich durch eine Strecke Draht von 12276 Fuß ohne allen merklichen Zeitverluſt fortgeleitet. Man kann zwei Haufen von Menſchen, deren einer am dieſſeitigen, der andere am jenſeitigen Ufer eines Fluſſes ſteht, den elektr. Schlag im nämlichen Augenblicke auf folgende Weiſe mittheilen. Man rammelt zwei Pfähle, jeden an einer Seite des Fluſſes, in die Erde und ſpannt einen Eiſendraht quer über den Fluß, doch ſo hoch, daß er das Waſſer nicht berührt. Der eine Haufen ſtellt ſich an die eine Seite des Fluſſes und die Perſonen halten ſich einander an der Hand, ſo daß ſie eine Reihe ausmachen, deren erſterer den Eiſendraht feſthält, der letzte aber eine Degenklinge in den Fluß ſteckt. An die andere Seite des Fluſſes ſetzt man eine geladene Flaſche, deren auswendige Belegung man mit dem über den Fluß geſpannten Eiſendraht verbindet. Die Menſchen auf dieſer Seite ſtellen ſich gleichfalls in eine Reihe und der letzte derſelben ſteckt gleichfalls eine Degenklinge in den Fluß. Sowie der erſte die Flaſche berührt, empfinden alle Perſonen zu beiden Seiten des Fluſſes die elektriſche Erſchütterung, wenn die Flaſche hinlänglich ſtark geladen war.

Schmelzen und Sieden. Der Uebergang der feſten Körper in tropfbar flüſſigen Zuſtand wird Schmelzen, der Uebergang tropfbar flüſſiger Körper in luftförmig flüſſigen Zuſtand Sieden genannt. In beiden Fällen iſt die Wärme das beſtimmende Princip, aber nach ihrer verſchiedenen natürlichen Beſchaffenheit gehen die Körper bei verſchiedenen Temperaturen in einen andern Aggregationszuſtand über. Es iſt eben ſo intereſſant als wichtig, die Temperaturen des Schmelzens und Siedens für die verſchiedenen Körper zu kennen. In folgender Tabelle (nach Baumgartner) ſind ſie zuſammengeſtellt. W bezeichnet Grade des Wedgewoodſchen, D des Danielſchen Pyrometers; die übrigen Angaben ſind nach Celſius'ſchen Thermometergraden.

Name der Körper.	Temperatur des Schmelzens.	Temperatur des Siedens.
Alaunlöſung 64 Theile Salz 36 Theile Waſſer . .	. . .	102°,2
Alkohol: abſoluter	. . .	78,41
= 1 Th. Alkohol, 1 Th. Waſſer	— 21°	. . . .
= 2 = = 1 = = ...	— 23	. . . .
= von 0,801 ſpecifiſchem Gewichte bei 20° C. muthmaßlich	— 58	. . . .
= = 0,798 ſpecifiſchem Gewichte muthmaßlich	— 79	. . .

Name der Körper.		Temperatur	
		des Schmelzens.	des Siedens.
Alkohol: von 0,791 ſpeciſiſchem Gewichte muthmaßlich		— 92°	70°,3
Ameiſenäther von 0,7915 bei 18° C.		. . . .	56
Ammoniak, concentrirt		— 50	45
„ oxalſaures 40 Th. Salz, 60 Th. Waſſer		. . . .	103,3
„ ſalzſaures 20 „ „ 80 „ „		— 13,4	113,3
Antimon		512,9 425	. . . .
Antimonöl		. . . .	200
Arſenik		210	. . . .
Arſenikchlorid	unter	— 28,7	. . .
Arſenikfluorid		. . . .	100
Arſenikwaſſerſtoff		. . .	— 22,4
Barytlöſung, ſalzſaure, 45 Th. Salz, 55 Th. Waſſer		. . . .	104,5
„ ſalpeterſaure, 26,5 Th. Salz, 73,5 Th. Waſſer		. . .	101,1
Benzoeäther		. . . .	209
Bernſtein		288	. . . .
Bergamotöl		— 5	. . .
Bergnaphta		. . .	106,2
Bittererde, ſchwefelſaure Löſung, 75,5 Th. Schwefel, 42,5 Th. Waſſer		. . . .	105,5
Blauſäure, wäſſerige		. . .	32,8
Blauſäure, waſſerfreie		— 13,75	26,2
Blei		334	. . . .
„		227	. . . .
„		322,2	. . . .
„		321	. . . .
„ 0,340 Th. Zinn 0,194 Th. Wismuth		99	. . . .
„ eſſigſaure Löſung, 41,5 Th. Salz, 58,5 Theile Waſſer		. . . .	101,7
„ ſalpeterſaure Löſung, 41,5 Th. Salz, 58,5 Th. Waſſer		. . .	102,2
Blut		— 3,9	. . . .
Blutlaugenſalz 55 Th. Salz, 45 Th. Waſſer		. . . .	103,3
Boraxlöſung, 52,5 Th. Salz, 47,5 Th. Waſſer		. . .	105,5
Borſäure in Waſſer gelöſet		. . . .	103,3
Brom		— 18	47,5
Bromantimon		94	270
Bromarſenik		20 25	. . . .
Bromcyan		. . .	— 15
Bromkohlenſtoff		0	. . . .
Bromphosphor	unter	— 12	. . .
Bromwismuth		200	. . . .
Butter		30	. . .
Butterſäure.	unter	— 9	. . . .
Cacaobutter		50	20
Campher		175	. . .
Campherſäure		62,5	. . . .
Cerin		58	. . .
Cerium	über	170 W	. . . .
Chlor, tropfbares	unter	18,7	. . .
Chloräther		. . .	66,75
Doppelchlorcyan		140	190

Name der Körper.	Temperatur des Schmelzens.	Temperatur des Siedens.
Chlorkohlenſtoff, feſter	160	180
" tropfbarer	. . . .	71
	. . . .	77
Chlorkohlenwaſſerſtoff	. . . .	66,75
Chlormangan	. . . .	— 15
	. . . .	— 20
Chlorſäure	. . . .	137,5
Chlortitan	. . . .	135
Cinchonin, ſchwefelſaures . . . über	100	. . . .
Chrom	170 W	. . . .
Colophon	135	. . . .
Columbium . . . über	170 W	. . . .
Conjac	— 48,5	. . . .
Copaivebalſam	. . . .	212
Cyan	. . . .	— 18
Cyanchlorur	— 15	. . . .
Cyanchlorid	140	190
Cyanqueckſilberlöſung, 35 Th. Salz, 65 Th. Waſſer	. . . .	101,1
Delphinſäure . . . unter	9	. . . .
Eiſen	138 W	. . . .
	11956	. . . .
" ſchwefelſaure Löſung, 64 Th. Salz, 36 Th. Waſſer	. . . .	102,2
Emailfarben	6 W	. . . .
Emetine	50	. . . .
Erythrogen	43	50
Eſſigäther	. . . .	74
Eſſiggeiſt, brenzlicher	. . . .	65
Eſſigſäure	— 30	. . . .
Fenchelöl	10	. . . .
Flußſäure, concentrirte . . . unter	— 40	über 25
Fuſelöl aus Kartoffeln . . . unter	— 18	125
Gold	1421	. . . .
	1380	. . . .
	32 W	. . . .
Gußeiſen	130 W	. . . .
	1033	. . . .
Hammelstalg	51	. . . .
Helen	42	. . . .
Holzeſſiggeiſt	. . . .	81,2
Hydrothionſäure	. . . .	— 17,8
Jamaicin	100	. . . .
Jatrophaſäure	— 5	. . . .
Inulin	100	. . . .
Jod	107	180
Jodchlorur	15 — 20	20 — 25
Jodcyan	. . . .	100
Jodkohlenwaſſerſtoff	120	. . . .
Jodwaſſerſtoffſäure	. . . .	128
Iridium . . . über	160 W	. . . .
Kadmiumamalgam	75	. . . .
Kalium	55	. . . .
Kali, ätzendes	. . . .	157,8
" chlorſaure Löſung, 40 Th. Salz, 60 Th. Waſſer	. . . .	103,3
" ſaures, jodſaures	. . . .	120

Name der Körper.	Temperatur des Schmelzens.	Temperatur des Siedens.
Kali, ſchwefelſaure Löſung, 17,5 Th. Salz, 82,5 Th. Waſſer	. . . .	101,7
= unterſchwefelſaures	. . .	105,5
Kalikupfer, ſchwefelſaures, 40 Th. Salz, 60 Theile Waſſer	. . . .	102,8
Kalinatrum, weinſaures, 90 Th. Salz, 10 Th. Waſſer	. . .	115,6
Kalilauge, concentrirte	. . . .	175
Kali, oxalſaure Löſung, 40 Th. Salz, 60 Th. Waſſer	. . .	104,5
= ſalzſaures, 12,5 Th. Salz, 85,5 Th. Waſſer	— 3,4	. . . .
= talgſaures . . . . über	100	175
= weinſaures, 68 Th. Salz, 32 Th. Waſſer . .	. . . .	102,3
Kobalt	130 W 9940	. . . .
Kochſalzlöſung: ſpecifiſch. Gewicht bei 18°, 8 C 1,006	— 0,6	100,3
— = = = = = 1,012	— 1,2	100,4
— = = = = = 1,018	— 1,8	100,8
— = = = = = 1,024	— 2,5	101
— = = = = = 1,030	— 3,0	101,2
— = = = = = 1,036	— 3,6	101,5
— = = = = = 1,042	— 4,2	101,8
— = = = = = 1,048	— 4,9	102
— = = = = = 1,054	— 5,5	102,2
— = = = = = 1,060	— 6,1	102,5
— = = = = = 1,066	— 6,7	102,7
— = = = = = 1,072	— 7,4	103
— = = = = = 1,078	— 8	103,2
— = = = = = 1,084	— 8,6	103,5
— = = = = = 1,090	— 9,2	103,7
— = = = = = 1,096	— 9,7	104
— = = = = = 1,102	— 10,4	104,2
— = = = = = 1,108	— 11	104,5
— = = = = = 1,114	— 11,6	104,8
— = = = = = 1,120	— 12,2	105
— = = = = = 1,126	— 12,9	105,2
— = = = = = 1,132	— 13,5	105,5
— = = = = = 1,138	— 14,1	105,8
— = = = = = 1,144	— 14,7	106
— = = = = = 1,150	— 15,4	106,2
— = = = = = 1,156	— 15,9	106,5
— = = = = = 1,162	— 16,5	106,7
— = = = = = 1,168	— 17,1	107,1
— = = = = = 1,174	— 17,8	107,3
— = = = = = 1,180	— 18,5	107,5
— = = = = = 1,186	— 19	107,8
— = = = = = 1,192	— 19,6	108,1
— = = = = = 1,198	— 20,2	108,4
— = = = = = 1,204	— 20,8	108,6
Kohlenſulphurid . . . . unter	41	. . . .
Kohlendoppelwaſſerſtoff	6,9	. . .
— von comprimirtem Oelgas .	— 22,5	. . . .
— 1 Th. Waſſerſt. 7,58 Kohlenſt.	. . . .	60
— = = 8,38 =	. . .	56,56
— = = 7,90 =	. . . .	71,11
— = = 8,25 =	. . .	80

Name der Körper.	Temperatur des Schmelzens.	Temperatur des Siedens.
Kohlendoppelwaſſerſtoff 1 Th. Waſſerſt. 8,76 Kohlenſt.	. . . .	87,28
= = = 9,17 =	. . .	93,33
= = = 8,31 =	. . . .	98,89
= = = 8,48 =	. . .	104,44
Kohlenwaſſerſtoff, ſchwefelſaurer	110	260
Kohlenwaſſerſtoffbrand	0	. . .
Kolſaöl	— 6,25	. . . .
Korkſäure	53,7	. . .
Kupfer	27 W 1207,3 1398	. . . .
= eſſigſaure Löſung, 16 Th. Salz, 83,5 Theil Waſſer	. . . .	101,1
= ſalpeterſaure	. . .	173,3
= ſchwefelſaure 41,6 Th. Salz, 58 Th. Waſſer	— 2,2	. . .
Leinöl	— 20	387,5
Macisöl	. . . .	316
Mangan	160 W 12100	. . . .
Manganbromur	. . . .	15 20
Margarinſäure	60	. . . .
Meſſing	21 W 999 1021	. . . .
Metallgemiſch aus 177 Th. Zinn, 310 Th. Blei	1869 D 3807	. . . .
= d'Arzetſches	93,7	. . . .
Milch	— 18	. . .
Mohnöl	— 1,1	. . . .
Mohnſäure	125	. . .
Molybdän	170 W	. . . .
Myricin	62	. . .
Myrrhenwachs	43	78
Naphtalin	78	210
Naphta von Amiano	. . . .	85,5
Natrium	90	. . . .
Natrum, ätzendes	. . . .	215,5
= eſſigſaure Löſung, 60 Th. Salz, 40 Theile Waſſer	. . .	124,5
= phosphorſaure Löſung, 60 Th. Salz, 40 Th. Waſſer	. . . .	105,5
= kohlenſäuerliche Löſung, 60 Th. Salz, 40 Th. Waſſer	. . .	105,5
= ſchwefelſaure Löſung, 31,5 Th. Salz, 68,5 Th. Waſſer	. . . .	100,5
= weinſaure Löſung, 50 Th. Salz, 50 Th. Waſſer	— 61	. . .
Nickel . . . unter	160 W	. . . .
= ſchwefelſaure Löſung, 65 Salz, 35 Th. Waſſer	. . .	112,8
Odorin . . . über	100	. . .
Oeläther	. . . .	87,5
Oelgeiſt	. . .	54,8
Oelkampfer	0	6,25

Name der Körper.	Temperatur des Schmelzens.	Temperatur des Siedens.
Olivenöl	2,5	. . .
Osmium über	160 W	. . .
Oxaläther	. . .	183
	. . .	184
Oxalſaure Löſung	. . .	121,1
Palladium über	160 W	. . .
Palmöl	29	. . .
Parillin	125	. . .
Perlſäure	47	143
Perubalſam	. . .	287
Pfeffermünzöl	— 22	. . .
Phosphor	43	250
	. . .	265
Phosphorjodid, 8 Th. Jod, 1 Th. Phosphor	100	. . .
= 16 = = 1 = =	26,2	. . .
= 24 = = 7 = =	46,2	. . .
Phosphorſulphurid, 72 Th. Schwef. 100 Th. Phosph.	42,5	. . .
= 13 = = = =	20	. . .
= 25 = = = =	15	. . .
= 50 = = = =	12	. . .
= 200 = = = =	22,5	. . .
= 300 = = = =	37,5	. . .
Pineytalg	36,4	. . .
Platin	170 W	. . .
	12821	
Queckſilber	— 39,5	348
	. . .	350
	. . .	346
	. . .	340
Queckſilberſublimatlöſung	. . .	101
Ricinöl	— 18	. . .
Ricinſäure	22	. . .
Ricin-Talgſäure über	130	. . .
Roſenöl	29 — 30	. . .
Rosmarinöl	. . .	165
Rhodium über	160 W	. . .
Sabadilſäure	20	. . .
Salpeterſäure vom ſpecifiſchen Gewichte 1,424	— 53,8	. . .
= = = = 1,407	— 42,5	. . .
= = = = 1,3880	— 34,2	. . .
= = = = 1,2588	— 34,3	. . .
= = = = 1,3290	— 23,9	. . .
= = = = 1,54	. . .	80
	. . .	79,4
= = = = 1,50	. . .	98,4
= = = = 1,45	. . .	115,5
= = = = 1,42	. . .	120
= = = = 1,40	. . .	107,5
	. . .	109,4
= = = = 1,35	. . .	108,3
= = = = 1,30	. . .	116,6
= = = = 1,26	. . .	113,3
= = = = 1,22	. . .	111,1
= = = = 1,20	. . .	109,4

Name der Körper.	Temperatur des Schmelzens.	Temperatur des Siedens.
Salpeterſäure vom ſpecifiſchen Gewichte 1,18 . . .	. . .	109,9
= = = = 1,17 . .	. . .	106,1
= = = = 1,16 . . .	. . .	105
= = = = 1,15 . .	. . .	104,4
= = = = 1,14 . . .	. . .	103,9
Salpeterſäure, rauchende, vom ſpecif. Gewichte 1,420	. . .	120
Salpetrige Säure vom ſpecifiſchen Gewichte 1,451	— 28	. . .
Salpeteräther	. . .	22
Salzäther, leichter	. . .	15,6
= ſchwerer	. . .	107,3
Salzſäure, concentrirte	— 19,2	. . .
= vom ſpecifiſchen Gewichte 1,166 . . .	. . .	76,7
= = = = 1,154 . . .	. . .	87,8
= = = = 1,144 . . .	. . .	100
= = = = 1,136 . . .	. . .	102,8
= = = = 1,127 . . .	. . .	105,5
= = = = 1,121 . . .	. . .	108,9
= = = = 1,094 . . .	. . .	111,1
= = = = 1,075 . . .	. . .	108 9
= = = = 1,064 . . .	. . .	110,5
= = = = 1,047 . . .	. . .	105,5
= = = = 1,035 . . .	. . .	103,9
= = = = 1,018 . . .	. . .	102,2
= = = = 1,009 . . .	. . .	101,1
Sauerſtoffäther	. . .	93,7
Schwefel . . . . über	111	316
Schwefeläther vom ſpecifiſchen Gewichte 0,713 . .	. . .	34
= von demſ. ſpec. Gew. im leeren Raume	. . .	— 29
Schwefelſäure vom ſpecifiſch. Gewichte 1,85 . . .	46,2	326,6
= = = = 1,849 . . .	. . .	318,3
= = = = 1,848 . . .	. . .	310
= = = = 1,847 . . .	. . .	301,7
= = = = 1,845 . . .	. . .	271,1
= = = = 1,842 . . .	. . .	285
= = = = 1,838 . . .	. . .	276,6
= = = = 1,833 . . .	. . .	268,3
= = = = 1,827 . . .	. . .	260,5
= = = = 1,819 . . .	. . .	252,8
= = = = 1,810 . . .	. . .	245
= = = = 1,801 . . .	. . .	237,7
= = = = 1,791 . . .	. . .	230,5
= = = = 1,780 . . .	. . .	224
= = = = 1,769 . . .	. . .	216,6
= = = = 1,757 . . .	. . .	210
= = = = 1,744 . . .	. . .	204,4
= = = = 1,730 . . .	. . .	199,4
= = = = 1,715 . . .	. . .	194,4
= = = = 1,699 . . .	. . .	190
= = = = 1,684 . . .	. . .	186,1
= = = = 1,670 . . .	. . .	182,2
= = = = 1,650 . . .	. . .	176,6
= = = = 1,520 . . .	. . .	143,3
= = = = 1,408 . . .	. . .	126,6
= = = = 1,30 . . .	. . .	115,5

Name der Körper.	Temperatur des Schmelzens.	Temperatur des Siedens.
Schwefelſäure vom ſpecifiſchen Gewichte 1,20	. . .	106,6
= = = = 1,10	. . .	103,3
Schwefelblauſäure	— 12	102,5
Schwefelchlorophosphür	. . .	125
Schwefeljodid	60	. . .
Schwefelkohlenſtoff	. . .	42
Senfölfett	120	. . .
Selen über	100	. . .
Silber	28 W	. . .
	1033,7	. . .
	1223	. . .
	998,7	. . .
	1223	. . .
Silber mit 1/10 Gold	1048,7	. . .
Silvinſäure	168,7	. . .
Silvinſäurehydrat	100	. . .
Spermacet	61,2	. . .
Solanin über	100	. . .
Strontian, ſalpeterſaure Löſung, 53 Th. Salz, 47 Th. Waſſer	. . .	106,8
Stearin von Baumöl	20	. . .
= = Mohnöl	6	. . .
= = Rüböl	7,5	. . .
Stearinſäure	70	. . .
Stereopten aus Anisöl	20	. . .
= = Terpentinöl	— 7	. . .
= = Roſenöl	34	. . .
Stickſtoffoxydul	. . .	über 17,8
Talg	41,9	. . .
Talgſäure	70	. . .
= 1 Th. Säure, 1 Th. Alkohol	45	. . .
Talkerde, ſchwefelſaure Löſung, 57,5 Th. Salz, 42,5 Th. Waſſer	. . .	105
Terpentinöl	— 10	156,8
Tellur	322	. . .
Titan über	170 W	. . .
Uran	170 W	. . .
Veratrin	50	. . .
Wachs, ungebleichtes	76,2	. . .
= rohes	61,2	. . .
= weißes	68,7	. . .
= aus der Milch des Kuhbaums	60	. . .
Waſſer, reines bei 342 p. L. Luftdruck	. . .	. . .
= = = 341 = =	. . .	100,495
= = = 340 = =	. . .	100,412
= = = 339 = =	. . .	100,330
= = = 338 = =	. . .	100,248
= = = 337 = =	. . .	100,165
= = = 336 = =	. . .	100,082
= = = 335 = =	. . .	100,00
= = = 334 = =	. . .	99,918
= = = 333 = =	. . .	99,834
= = = 332 = =	. . .	99,750
= = = 331 = =	. . .	99,616

Name der Körper.	Temperatur des Schmelzens.	Temperatur des Siedens.
Waſſer, reines bei 330 p. L. Luftdruck	. . .	99,582
= = = 329 = =	. . .	99,474
= = = 328 = =	. . .	99,415
= = = 327 = =	. . .	99,331
= = = 326 = =	. . .	99,246
= = = 325 = =	. . .	99,161
= = = 324 = =	. . .	99,076
= = = 323 = =	. . .	98,990
= = = 322 = =	. . .	98,905
= = = 321 = =	. . .	98,819
= = = 320 = =	. . .	98,732
= = = 319 = =	. . .	98,656
= = = 318 = =	. . .	98,560
= = = 317 = =	. . .	98,474
= = = 316 = =	. . .	98,387
= = = 315 = =	. . .	98,300
= = = 314 = =	. . .	98,212
= = = 313 = =	. . .	98,125
= = = 312 = =	. . .	98,038
= = = 311 = =	. . .	97,950
= = = 310 = =	. . .	97,862
= = = 309 = =	. . .	97,775
= = = 308 = =	. . .	97,686
= = = 307 = =	. . .	97,598
= = = 306 = =	. . .	97,509
= = = 305 = =	. . .	97,419
= = = 304 = =	. . .	97,329
= = = 303 = =	. . .	97,239
= = = 302 = =	. . .	97,149
= = = 301 = =	. . .	97,059
= = = 300 = =	. . .	96,968
= = = 299 = =	. . .	96,876
= = = 298 = =	. . .	96,785
Waſſer, oxygenirtes	— 30	. . .
Waſſer (Meer=)	— 5	103,7
Wein, ſtarker	— 6,6	. . .
Weineſſig	— 2,2	. . .
Weinöl, tropfbares	— 35	280
= feſtes	110	. . .
Weinſteinlöſung, 9,7 Th. Salz, 90,3 Th. Waſſer	. . .	101,1
	66 D	. . .
Wismuth	240,6	. . .
	239	. . .
Wolfram . . . über	170 W	. . .
	94 D	. . .
Zink	342	. . .
	374	. . .
= ſchwefelſaure Löſung, 45 Th. Salz, 55 Th. Waſſer	. . .	104,5
= ſchwefelſaure Löſung, 53,3 Th. Salz, 46,7 Th. Waſſer	— 18	. . .
	266,9	. . .
Zinn	227	. . .
	230	. . .

Name der Körper.	Temperatur des Schmelzens.	Temperatur des Siedens.
Zinnblei: 5 Theil Zinn, 1 Theil Blei	194	. . .
" 4 " " 1 " "	189	. . .
" 3 " " 1 " "	186	. . .
" 2 " " 1 " "	196	. . .
" 1 " " 1 " "	241	. . .
" 1 " " 3 " "	289	. . .

Die Metalle zeigen in Bezug auf ihre Schmelzbarkeit den merkwürdigen Unterſchied, daß, während einige eher ſchmelzen, ehe ſie ins Glühen gerathen, bei andern der Schmelzpunkt weit über ihrem Glühpunkte liegt. Einige Subſtanzen hat man noch nicht für ſich in Fluß bringen können, ſie werden *feuerfeſte* genannt. Feuerfeſte und ſehr ſtrengflüſſige Körper werden in Verbindung mit einem anderen Körper leicht geſchmolzen. Daher pflegt man ſich zum Schmelzen ſchwerflüſſiger Subſtanzen, namentlich der Erze, der ſogenannten *Schmelzungsmittel*, *Flüſſe*, *Zuſchläge* zu bedienen. Hierzu dienen gewöhnlich fixe Laugenſalze, Borax, Salpeter, Weinſtein und gemeines Küchenſalz. Gleiche Theile Salpeter und Weinſteinrahm geben nach dem Verpuffen den ehemals ſogenannten *weißen Fluß*, 2 Th. Weinſteinrahm und 1 Th. Salpeter eben ſo den *ſchwarzen Fluß*. Mit *Beaumé's* ſchnellem Fluß, ein angezündetes Gemiſch aus 3 Th. Salpeter, 1 Theil Schwefel und 1 Th. Sägeſpähne, kann man eine kleine Silbermünze in einer Nußſchale ſchmelzen. — Im Schmelzen begriffene Körper behalten, ſo wie im Sieden begriffene, eine unveränderliche Temperatur bei, indem alle ihnen zugeführte Wärme zur Schmelzung oder zur Umwandlung in Dampf verbraucht (abſorbirt, latent gemacht) wird. (Vergl. d. Art. *Dampf* S. 428.) Bekanntlich ſieden die Flüſſigkeiten eher, unter je geringerem Druck der Atmoſphäre ſie ſtehen, daher eher auf hohen Bergen als in der Ebene, und eher unter dem Recipienten der Luftpumpe als außerhalb deſſelben. (Vergl. d. Art. *Dampf*, *Höhenmeſſung*, thermometriſche, *Luftpumpe*.)

Schnee, der bekannte atmoſphäriſche Niederſchlag, welcher bei niederer Temperatur durch das Gefrieren des in Waſſerdunſt verwandelten Waſſerdampfes entſteht, wobei nicht von einem Gefrieren ſchon gebildeter Waſſertropfen, ſondern von einer Zuſammenhäufung urſprünglich kryſtalliſcher Nadeln, als welche der gefrorene Waſſerdunſt auftritt, die Rede iſt. Weſentliche Bedingungen zum Schneien ſind demnach eine mit Waſſerdampf hinreichend geſättigte Luftſchicht, und eine Temperatur, niedriger, als die urſprüngliche der Luftſchicht, und hinreichend, den in ihr enthaltenen Waſſerdampf durch die geringere Spannung in Waſſerdunſt zu verwandeln, und dieſen zum Gefrieren zu bringen. Hieraus geht zugleich hervor, daß es weder bei einer ſehr tiefen, noch ſtreng genommen, bei einer Temperatur über Null ſchneien kann. Zwar ſieht man bisweilen ſchneien, während das Thermometer + 4 bis 5°

zeigt, allein dann ſind wenigſtens die Luftſchichten, in denen ſich der Schnee unmittelbar bildet, kälter, und der herabfallende Schnee hat nur in dem kurzen Zwiſchenraum während ſeines Herabfallens nicht Zeit, ſich in Regen zu verwandeln. Etwas dem einigermaßen Verwandtes, wiewohl hier die Urſache eine ganz andere, iſt die Erſcheinung, daß bei hellem trockenen Wetter, während das Thermometer + 4 bis 5° zeigt, der an der Erde liegende Schnee dennoch nicht ſchmilzt, während bei feuchtem Wetter oft ſchon eine Temperatur von + 0,5° zum Thauen hinreicht. Die Urſache liegt im erſtern Falle in der bedeutenden Verdunſtung des Schnees, wobei viel Wärme latent wird (ſiehe den Art. Wärme) während im letztern Falle der Schnee bei der vollkommenen Sättigung der Luft mit Feuchtigkeit theils nicht verdunſten kann, theils die Feuchtigkeit aus der Luft leichter aufnimmt und ſo zum Schmelzen kommt.

Der meiſte Schnee fällt bei mäßiger Erhebung über die Meeresfläche unter mittleren Breiten, aus Wolken bei trübem Himmel, und bei einer Temperatur von wenigen Graden unter Null, gewöhnlich, wenn es nach ſtrengerer Kälte etwas gelinder geworden iſt. Aus dieſen Beobachtungen iſt das Vorurtheil entſtanden, daß es bei ſehr ſtrenger Kälte überhaupt nicht ſchneien könne, doch kann allgemein nur die Behauptung gelten, daß die kälteſtenLuftſchichten gewöhnlich auch die an Waſſerdampf ärmſten ſind. L. v. Buch hält eine Temperatur von 4 — 5° unter Null für die mittlere, bei welcher dauernder Schnee fällt, und glaubt, daß es bei — 13° kaum noch ſchneien könne. Dagegen beobachtete Kämtz in Halle am 15. Jan. 1828 bei — 14°,8, am 20. Jan. 1829 bei — 16°, am 4. Febr. 1830 bei — 17°,8, und am 30. Jan. 1830 bei — 18°,1 Schneefälle. Zwar giebt Scoresby als niedrigſte Temperatur, bei der es in den Eismeeren bei Spitzbergen noch eigentlich zu ſchneien pflege, eine Temperatur — 12°,3 C. an; allein dabei muß man erwägen, daß dieſe Beobachtungen dort blos während des Sommers angeſtellt wurden. Ebenſo muß auch das lange gehegte Vorurtheil widerlegt werden, daß durch die Bildung des Schnees die zur Expanſion des Waſſerdampfes dienende Wärme frei werden, und deßhalb die Temperatur ſteigen müſſe. Es wird vielmehr nur dann Schnee aus dem Dampfgehalte der Atmoſphäre gebildet, wenn kalte und wärmere Luftſchichten ſich mengen, und dann die Temperatur der entſtandenen Mengung ſoweit erniedrigt wird, daß der Waſſerdampf nicht mehr expandirt bleiben, aber auch nicht als Regen herabfallen kann, wonach nothwendig Schnee gebildet werden muß. In dieſen durch Luftſchichten von verſchiedenen Temperaturen gebildeten Luftſtrömungen liegt dann auch die Urſache, warum es nach dem Schneien bald kälter bald wärmer werden kann, je nachdem nämlich bald die kältere bald die wärmere Luftſchicht die Oberhand behält. Ebenſo hängt hiermit die Erſcheinung zuſammen, die man ſehr häufig unter den mittleren Breiten bemerkt, daß nämlich der immer feiner werdende Regen allmählig in Schnee übergeht, welcher anfangs auf der noch wärmeren Erde ſchmilzt, dann aber ſich erhält, und bei zunehmender Kälte liegen bleibt. Dieß geſchieht, wie v. Buch zuerſt beobachtete, und Dove

beſtätigte, vorzüglich dann, wenn der Wind von S. durch W. nach N. übergeht, und das Barometer zu ſteigen beginnt. Da nämlich die nördlichen kälteren, alſo auch ſchwereren Luftmaſſen in die niederen Regionen ſtrömen, oder in dieſelben herabſinken, ſo nöthigen ſie dadurch die ſüdlichen, über ſie hinzuſtrömen, und durch die Vereinigung beider wird dann die Bedingung zur Bildung des Schnees erfüllt. Buch ſtellte für das Erfolgen des Schnees bei den verſchiedenen Windrichtungen aus Beguelins Regiſter folgende Reſultate zuſammen. Es ſchneit im Winter unter hundert Malen bei

S.	SW.	W.	NW.	N.	NO.	O.	SO.
5,0.	15,7.	14,7.	21,5.	11,1.	17,5.	7,0.	7,3.

In allen Gegenden Deutſchlands, hauptſächlich aber in den nördlichen, ſieht man bisweilen bei ganz heiterem Himmel und Windſtille, kleine, glänzende Kryſtallblättchen, ſeltner Nadeln, aus der Luft herabfallen. Obwohl ſicher ſolche Bildungen auch in den höchſten Regionen der Atmoſphäre ſich vorfinden, woraus man das Entſtehen der Höfe (ſ. d.) erklärt, ſo iſt es doch wahrſcheinlich, daß dieſe herabfallenden Blättchen aus den untern Regionen der Atmoſphäre kommen. Seltner ſieht man ſie unter den mittleren Breiten, und obgleich ſie hier oft an einem Tage mehrmals fallen, bilden ſie doch faſt nie eine förmliche Decke. Dagegen wird die Erſcheinung mit den höhern Breiten immer häufiger, und die Menge des auf dieſe Weiſe erzeugten Staubſchnees iſt oft ſehr beträchtlich. So ſah ihn Parry bei ſeinem Winteraufenthalt zu Fort Bowen mehrmals an heiteren Tagen herabfallen, und eine Decke von 4 — 5 Zoll Höhe bilden. Ebenſo beſchreibt Maupertuis den Schnee in Lappland als einen feinen trocknen Staub, welcher bei 4 — 5 Fuß Höhe das Gehen ſehr erſchwere. Dabei dringt dieſer Staub durch die feinſten Riſſe in die Häuſer, greift die Augen ſehr an, und ſoll nach Middleton eine große Plage des hohen Nordens ſein. Oft iſt auch mit der Bildung dieſes Schnees ein Nebel verbunden, der ebenfalls bis in die Gemächer dringt, und Betten und Perſonen nach Art des Reifs mit kleinen Eisnadeln bedeckt, wie dieß Bedemar von Kielvig erzählt. Auch im nördlichen Deutſchland beobachtete Muncke während des kalten Winters 1788 Aehnliches.

In Deutſchland und in den Ländern unter gleicher Breite fällt der Schnee meiſtens bei ruhiger Luft, oft aber iſt das Fallen des Schnees bei vorherrſchender Anlage zum Gewitter, namentlich im Februar, mit heftigen Stürmen verbunden. Dann geht der Wind gewöhnlich aus SW. u. W. nach NW. u. N. über, der Himmel hellt ſich auf und Froſt tritt ein. Nicht ſelten auch iſt das Fallen des Schnees auf hohen Bergen oder überhaupt in gebirgigen Gegenden von heftigen Stürmen begleitet, die, weil ſie nur ſo lange dauern, als der Schnee fällt, vorzugsweiſe Schneeſtürme heißen. In höheren Breiten treten dieſe Schneeſtürme auch in geringeren Höhen ein. So beobachtete Bedemar zu Röraas in Norwegen einen ſolchen, der ſo heftig war, daß Bedemar auf eine Entfernung von 1200 Fuß kaum ſeine Wohnung finden konnte, ja Gefahr lief, von dem Andrange der Luft zu erſticken. Dieſe Schneeſtürme ſind ohne Zweifel den Gewittern beizu-

zählen, was noch überdieß daraus hervorgeht, daß plötzlich eintretende ſtarke Schneefälle bisweilen von Blitz und Donner begleitet ſind. Dergleichen Schneegewitter ſind ſelten, aber wenn ſie eintreten, kurz und heftig, dabei ziehen ſie gewöhnlich ſo tief, daß ſie faſt jedesmal an auf der Erde befindlichen Gegenſtänden ſich entladen. Für die elektriſche Natur ſolcher Schneeſtürme ſpricht auch der Umſtand, den man einſt zu Lochawe beobachtete, daß nämlich während eines Schneeſturms der Schnee und Alles umher einige Minuten leuchtete. Sehr heftig ſind die Schneeſtürme in Kamtſchatka, wo ſie Purga heißen, und den Reiſenden oft in Gefahr bringen, unter dem von den Bergen herabgetriebenen Schnee in den Thälern begraben zu werden; nicht minder gefährlich in den Alpen, wo ſie die Wege unkenntlich machen, die ſogenannten Schneelehnen aufhäufen, oft Menſchen und Laſtthiere in Abgründe herabſtürzen, oder mit den Laſten des herabrollenden Schnees bedecken.

Die Menge des fallenden Schnees iſt nach Jahren und Gegenden ſehr verſchieden, am gleichmäßigſten auf den Bergen, die innerhalb der ſogenannten Schneelinie liegen. Am wenigſten ſchneit es natürlich in den niederen Breiten, da die Region des Schnees überhaupt erſt etwa im mittleren Italien beginnt, und der Anfang derjenigen Region, wo es in der Ebene überhaupt ſchneiet, in die iſothermiſche Linie von 15° C. geſetzt werden kann. Von hier an nimmt die Menge des Schnees mit den Graden der Breite zu, bis zur Iſotherme 5° C., nahe bei Tronthiem, von wo ſie wieder abnimmt, weil in den nördlichſten Gegenden die Luft immer kälter, folglich auch immer ärmer an Waſſerdampf wird. Von bedeutenden Schneefällen, die man beobachtete, mögen hier nur folgende einen Platz finden:

In Newyork fiel im Jahre 1741 ſo viel Schnee, daß er die Erde 16 Fuß hoch bedeckte. Nach L. v. Buch erreichte im Winter 1806 auf 7, als es von Weihnachten bis in den April unaufhörlich ſchneiete, zu Geboſtadt in Norwegen der Schnee die beiſpielloſe Höhe von 20 Fuß, zu Lenvig von 12 Fuß, in Bergen aber nicht über 4 Fuß. In Finnmarken, namentlich im nördlichen Theile, fällt der Schnee in ſehr bedeutenden Maſſen; ſo lag er unter andern im Jahre 1813 am Tage vor Johannis noch 3 Fuß hoch. In Lappland fand Bedemar einſt einen Zweig von 1,5 Linien Dicke mit einem Schneekamme von 9 Zoll Höhe bedeckt. Zu Okkak in Grönland lag nach dem Zeugniß der mähriſchen Miſſionäre Ende Mai 1791 der Schnee noch 10 Fuß hoch, und an einer Seite der Kirche am 17. Mai noch 20 Fuß. Doch ſind dergleichen außerordentliche Schneehöhen oft auch nur Anhäufungen durch den Wind. Sehr merkwürdig iſt auch, was Cleaveland einſt zu New-Brunswik beobachtete, daß nämlich der vom Winde bewegte Schnee zu Bällen aufgerollt wurde, die auf beträchtliche Strecke fortgetrieben ſtets ein lockeres Gefüge behielten. Dagegen beruht das eigentliche Ballen des Schnees, welches man faſt immer bei Thauwetter bemerkt, nur auf einer größern Ad- und Cohäſion der Schneetheilchen, welche zum Theil ihr Kryſtalliſationswaſſer ſchon verloren haben oder verlieren, und deßhalb feſter an einander hängen.

Die Waſſermenge, welche der Schnee gibt, d. h. das Volumen

Waſſer, was man aus einem beſtimmten Volumen ſchmelzenden Schnees erhält, iſt natürlich nach der Beſchaffenheit des Schnees, vorzüglich nach ſeiner größeren oder geringeren Dichtigkeit verſchieden. So iſt zum Beiſpiel der bei ſtrenger Kälte und Nordoſtwind gefallene Schnee außerordentlich locker, und gibt ſehr wenig Waſſer, und da eine ſolche Beſchaffenheit des Schnees rückwärts auf kalte Luftſtrömungen und Anlage zu kaltem Wetter ſchließen läßt, ſo wird dadurch die bekannte Probe einigermaßen gerechtfertiget, nach welcher man einen Schneeball über die Lichtflamme hält, und wenn dieſer das geſchmolzene Waſſer, wegen der Feſtigkeit der einzelnen Kryſtalle und doch Lockerheit des Zuſammenhangs unter ſich, in ſich ſaugt, behauptet, es werde einen ſtrengen Winter geben. Ebenſo beruht hierauf das bekannte Sprichwort: Viel Schnee, wenig Waſſer — wenig Schnee, viel Waſſer. Unter zahlreichen Verſuchen über das Verhältniß der Schnee- und Waſſermenge verdienen, da ſie auf zahlreiche Meſſungen ſich gründen, die Erfahrungen van Swindens wohl den meiſten Glauben. Nach ihm verhält ſich die Dichtigkeit des Schnees zum Waſſer im Minimum wie 1 zu 19, im Maximum wie 1 zu 5,56, woraus ein mittleres Verhältniß wie 1 zu 9,66 alſo ungefähr wie 1 zu 10 abgeleitet werden kann. In der neueſten Zeit ſtellte Quetelet Verſuche an, um das Verhältniß zwiſchen der Geſtalt und Dichtigkeit des Schnees zu finden, was durch die ſchon von Scoresby beobachtete Eigenthümlichkeit des Schnees meiſtens in verſchieden geſtalteten Flocken vereinigt herabzufallen, ſehr erſchwert wird. Durch Quetelet's Verſuche wurde zwar im Allgemeinen der Satz beſtätigt, daß der Schnee bei großer Kälte am lockerſten iſt, doch kein beſtimmtes Geſetz dafür aufgefunden, denn die größte Dichtigkeit von $\frac{1}{2,8}$ fand ſich zwar an dem bei $+ 1^\circ,3$ C gefallenen Schnee, allein die geringſte von $\frac{1}{18,1}$ bei einer Temperatur von $- 1^\circ,0$ C, während ſie bei der tiefſten $- 12^\circ,5$ nur $\frac{1}{8,8}$ betrug. Doch erhält man aus den Reſultaten aller dieſer Verſuche als Mittel für das Verhältniß des Schneevolums zu dem des Waſſers $= 9,0658$, was dem vorhin angegebenen ziemlich nahe kommt.

Das Schneewaſſer iſt im Allgemeinen eben ſo rein, als das Regenwaſſer, und nur ausnahmsweiſe kommt es mit fremdartigen Beſtandtheilen gemiſcht vor. Früher hielt man das Schneewaſſer als beſonders günſtig der Vegetation, weil man glaubte, es ſei mit Salzen vermiſcht. Als man von dieſer Meinung zurückkam, ſuchte Haſſenfratz die fruchtbarkeitsfördernde Beſchaffenheit des Schneewaſſers daraus zu erklären, daß es ſauerſtoffreicher ſei. Allein Carabori hat das Gegentheil bewieſen, was ſchon daher einleuchtet, daß die Luft bei dem Gefrieren des Waſſers aus demſelben entweicht. Der Schnee kann daher auf keine andere Weiſe die Fruchtbarkeit fördern, als indem er im Winter die Pflanzen ſchützt, und, wenn er im Frühjahr ſchmilzt, den Boden lange feucht erhält.

zählen, was noch überdieß daraus hervorgeht, daß plötzlich eintretende ſtarke Schneefälle bisweilen von Blitz und Donner begleitet ſind. Dergleichen Schneegewitter ſind ſelten, aber wenn ſie eintreten, kurz und heftig, dabei ziehen ſie gewöhnlich ſo tief, daß ſie faſt jedesmal an auf der Erde befindlichen Gegenſtänden ſich entladen. Für die elektriſche Natur ſolcher Schneeſtürme ſpricht auch der Umſtand, den man einſt zu Lochawe beobachtete, daß nämlich während eines Schneeſturms der Schnee und Alles umher einige Minuten leuchtete. Sehr heftig ſind die Schneeſtürme in Kamtſchatka, wo ſie Purga heißen, und den Reiſenden oft in Gefahr bringen, unter dem von den Bergen herabgetriebenen Schnee in den Thälern begraben zu werden; nicht minder gefährlich in den Alpen, wo ſie die Wege unkenntlich machen, die ſogenannten Schneelehnen aufhäufen, oft Menſchen und Laſtthiere in Abgründe herabſtürzen, oder mit den Laſten des herabrollenden Schnees bedecken.

Die Menge des fallenden Schnees iſt nach Jahren und Gegenden ſehr verſchieden, am gleichmäßigſten auf den Bergen, die innerhalb der ſogenannten Schneelinie liegen. Am wenigſten ſchneit es natürlich in den niederen Breiten, da die Region des Schnees überhaupt erſt etwa im mittleren Italien beginnt, und der Anfang derjenigen Region, wo es in der Ebene überhaupt ſchneiet, in die iſothermiſche Linie von 15° C. geſetzt werden kann. Von hier an nimmt die Menge des Schnees mit den Graden der Breite zu, bis zur Iſotherme 5° C., nahe bei Tronthiem, von wo ſie wieder abnimmt, weil in den nördlichſten Gegenden die Luft immer kälter, folglich auch immer ärmer an Waſſerdampf wird. Von bedeutenden Schneefällen, die man beobachtete, mögen hier nur folgende einen Platz finden:

In Newyork fiel im Jahre 1741 ſo viel Schnee, daß er die Erde 16 Fuß hoch bedeckte. Nach L. v. Buch erreichte im Winter 1806 auf 7, als es von Weihnachten bis in den April unaufhörlich ſchneiete, zu Geboſtadt in Norwegen der Schnee die beiſpielloſe Höhe von 20 Fuß, zu Lenvig von 12 Fuß, in Bergen aber nicht über 4 Fuß. In Finnmarken, namentlich im nördlichen Theile, fällt der Schnee in ſehr bedeutenden Maſſen; ſo lag er unter andern im Jahre 1813 am Tage vor Johannis noch 3 Fuß hoch. In Lappland fand Bedemar einſt einen Zweig von 1,5 Linien Dicke mit einem Schneekamme von 9 Zoll Höhe bedeckt. Zu Okkak in Grönland lag nach dem Zeugniß der mähriſchen Miſſionäre Ende Mai 1791 der Schnee noch 10 Fuß hoch, und an einer Seite der Kirche am 17. Mai noch 20 Fuß. Doch ſind dergleichen außerordentliche Schneehöhen oft auch nur Anhäufungen durch den Wind. Sehr merkwürdig iſt auch, was Cleaveland einſt zu New-Brunswik beobachtete, daß nämlich der vom Winde bewegte Schnee zu Bällen aufgerollt wurde, die auf beträchtliche Strecke fortgetrieben ſtets ein lockeres Gefüge behielten. Dagegen beruht das eigentliche Ballen des Schnees, welches man faſt immer bei Thauwetter bemerkt, nur auf einer größern Ad- und Cohäſion der Schneetheilchen, welche zum Theil ihr Kryſtalliſationswaſſer ſchon verloren haben oder verlieren, und deßhalb feſter an einander hängen.

Die Waſſermenge, welche der Schnee gibt, d. h. das Volumen

Waſſer, was man aus einem beſtimmten Volumen ſchmelzenden Schnees erhält, iſt natürlich nach der Beſchaffenheit des Schnees, vorzüglich nach ſeiner größeren oder geringeren Dichtigkeit verſchieden. So iſt zum Beiſpiel der bei ſtrenger Kälte und Nordoſtwind gefallene Schnee außerordentlich locker, und gibt ſehr wenig Waſſer, und da eine ſolche Beſchaffenheit des Schnees rückwärts auf kalte Luftſtrömungen und Anlage zu kaltem Wetter ſchließen läßt, ſo wird dadurch die bekannte Probe einigermaßen gerechtfertiget, nach welcher man einen Schneeball über die Lichtflamme hält, und wenn dieſer das geſchmolzene Waſſer, wegen der Feſtigkeit der einzelnen Kryſtalle und doch Lockerheit des Zuſammenhangs unter ſich, in ſich ſaugt, behauptet, es werde einen ſtrengen Winter geben. Ebenſo beruht hierauf das bekannte Sprichwort: Viel Schnee, wenig Waſſer — wenig Schnee, viel Waſſer. Unter zahlreichen Verſuchen über das Verhältniß der Schnee- und Waſſermenge verdienen, da ſie auf zahlreiche Meſſungen ſich gründen, die Erfahrungen van Swindens wohl den meiſten Glauben. Nach ihm verhält ſich die Dichtigkeit des Schnees zum Waſſer im Minimum wie 1 zu 19, im Maximum wie 1 zu 5,56, woraus ein mittleres Verhältniß wie 1 zu 9,66 alſo ungefähr wie 1 zu 10 abgeleitet werden kann. In der neueſten Zeit ſtellte Quetelet Verſuche an, um das Verhältniß zwiſchen der Geſtalt und Dichtigkeit des Schnees zu finden, was durch die ſchon von Scoresby beobachtete Eigenthümlichkeit des Schnees meiſtens in verſchieden geſtalteten Flocken vereinigt herabzufallen, ſehr erſchwert wird. Durch Quetelet's Verſuche wurde zwar im Allgemeinen der Satz beſtätigt, daß der Schnee bei großer Kälte am lockerſten iſt, doch kein beſtimmtes Geſetz dafür aufgefunden, denn die größte Dichtigkeit von $\frac{1}{2,8}$ fand ſich zwar an dem bei $+ 1^\circ,3$ C gefallenen Schnee, allein die geringſte von $\frac{1}{18,1}$ bei einer Temperatur von $- 1^\circ,0$ C, während ſie bei der tiefſten $- 12^\circ,5$ nur $\frac{1}{8,8}$ betrug. Doch erhält man aus den Reſultaten aller dieſer Verſuche als Mittel für das Verhältniß des Schneevolums zu dem des Waſſers $= 9,0658$, was dem vorhin angegebenen ziemlich nahe kommt.

Das Schneewaſſer iſt im Allgemeinen eben ſo rein, als das Regenwaſſer, und nur ausnahmsweiſe kommt es mit fremdartigen Beſtandtheilen gemiſcht vor. Früher hielt man das Schneewaſſer als beſonders günſtig der Vegetation, weil man glaubte, es ſei mit Salzen vermiſcht. Als man von dieſer Meinung zurückkam, ſuchte Haſſenfratz die fruchtbarkeitsfördernde Beſchaffenheit des Schneewaſſers daraus zu erklären, daß es ſauerſtoffreicher ſei. Allein Carabori hat das Gegentheil bewieſen, was ſchon daher einleuchtet, daß die Luft bei dem Gefrieren des Waſſers aus demſelben entweicht. Der Schnee kann daher auf keine andere Weiſe die Fruchtbarkeit fördern, als indem er im Winter die Pflanzen ſchützt, und, wenn er im Frühjahr ſchmilzt, den Boden lange feucht erhält.

Die Farbe des Schnees iſt ein bläuliches Weiß, welches das Licht ſehr ſtark reflectirt, daher der Schnee auch in dunkeln Nächten leuchtet. Doch iſt die ſtarke Reflexion des Tages- beſonders des Sonnenlichtes den Augen ſchädlich, daher ſie im hohen Norden häufig Entzündung der Augen, die ſogenannte Schneeblindheit verurſacht. Färbungen des Schnees ſind nur zufällig, wie beim Regen. Am bekannteſten iſt der ſogenannte rothe Schnee, von dem, nach der Meinung einiger Naturforſcher, ſchon Plinius reden ſoll. Doch meint Plinius wohl nur das Uebergehen der Farbe des Schnees, wenn er lange liegt, aus dem Weißen ins ſchmutzig Röthliche oder Gelbe. Den eigentlich rothen Schnee beobachtete zuerſt Sauſſure in den Alpen, und genauer unterſucht wurde er, als Capitän Roß ihn in großer Menge in der Baffinsbay unter 75°,54′ N. B. aufgefunden hatte. Man entdeckte bald, daß die färbende Subſtanz vegetabiliſcher Natur ſei. Doch war man zweifelhaft, welcher Gattung ſie angehöre. Bauer fand, daß die Pflanze unter die Schwämme gehöre, und auf dem Schnee fortwachſe; die größten dieſer Schwämmchen erreichten einen Durchmeſſer von $\frac{1}{800}$ Zoll. Er nannte die Pflanze uredo nivalis. Robert Brown dagegen rechnete ſie zu den Algen, und erklärte, ſie ſei der tremella cruenta verwandt. Peſchier erklärte die Entſtehung der Färbung aus zwei Urſachen, dem Vorhandenſein von ſehr feinem Eiſenoxyd, das vielleicht in den Pflanzen ſelbſt ſich finde, und einer feinen harzigen, gelbrothen vegetabiliſchen Subſtanz, die er zu den Algen oder Lichenen gerechnet wiſſen wollte. Parry ſah auf ſeinen Reiſen häufig die Gleiſe, in denen die Schlitten gegangen waren, gelblich oder röthlich gefärbt, auch bemerkten andere Seefahrer auf den ſchwimmenden Eisbergen roth gefärbten Schnee. Nach Scoresby verdankte dieſer Schnee ſeine Färbung einer Art kleiner Thierchen, die, durch das Mikroſkop betrachtet, ſehr beweglich, von braunrother Farbe, und länglicht von $\frac{1}{2100}$ u. $\frac{1}{3260}$ Zoll Durchmeſſer erſchienen. Sie färben auch bisweilen ganze Strecken der See, und in einem Tropfen befanden ſich wenigſtens 12960 derſelben.

Die genaueſten Unterſuchungen über die Geſtalt der Schneekryſtalle ſind ebenfalls von Scoresby. Die große Zahl der Schneegeſtalten läßt ſich auf 5 Arten zurückführen: 1) Kryſtalle in Form dünner Blättchen, in welcher der Schnee am häufigſten auftritt. Dieſe zerfallen wieder a) in ſternförmige, indem ſechs auf beiden Seiten mit feinen Spitzen beſetzte Strahlen aus einem gemeinſchaftlichen Mittelpunkt auslaufen (Fig. 232.); dieſe Form zeigt ſich am häufigſten, wenn die Temperatur dem Gefrierpunkte ſich nähert; b) in regelmäßige Sechsecke, die bei allen Temperaturen auftreten, wiewohl die Dimenſionen bei größerer Kälte kleiner werden; einige beſtehen aus einem einfachen durchſichtigen Blättchen (Fig. 233.), andere ſind innerhalb des Umfanges durch weiße Linien verziert, die wiederum kleine Sechsecke oder andere ſehr mannichfaltige, regelmäßige Figuren bilden; ihre Größe erſtreckt ſich von dem kleinſten ſichtbaren Theilchen bis auf ungefähr 0′′,1 Durchmeſſer; c) Zuſammenſetzungen der ſechsſeitigen Figuren zeigen ſich in großer Mannichfaltigkeit vorzüglich bei ſehr niedrigen Tem-

peraturen (Fig. 234.); d) Verbindungen von ſechstheiligen Figuren mit Strahlen oder Zacken und hervorſtechenden Winkeln (Fig. 235). 2) Ein flacher oder kugeliger Kern mit äſtigen Zacken in verſchiedenen Ebenen. Darunter a) ſolche, die aus einem dünnen Kryſtalle von einer der oben beſchriebenen Arten beſtehen, von deſſen Grund- und Seitenflächen ſich kleine Spitzen erheben, welche mit den Blättchen Winkel von 60° bilden; der Durchmeſſer dieſer Figuren beträgt zuweilen bis $\frac{1}{4}$ Zoll; ſie kommen am häufigſten bei einer Temperatur von — 7° bis — 4° vor; b) Figuren mit einem kugeligen Kern, von welchem Strahlen nach allen Richtungen ausgehen. Während bei der erſten Art der Kern aus einem durchſichtigen Kryſtalle beſteht, iſt er hier ein rauhes Körperchen. Dieſe igelartigen Schneeflocken fallen nach Scoresby, wenn die Temperatur dem Gefrierpunkte nahe iſt, zuweilen bei etwas niedrigeren Wärmegraden. 3) Feine Spitzen oder ſechsſeitige Prismen, bisweilen ſehr zart und kryſtallartig, bisweilen weiß und rauh. Bei der feinſten Art, die einem in Stücke von nicht über $\frac{1}{4}$ Zoll zerſchnittenem Haare gleichen, iſt es ſchwer, die Geſtalt zu beſtimmen; die größeren ſind prismatiſch. 4) Sechsſeitige Pyramiden kommen nur ſelten vor. 5) Spieße oder Prismen, deren eines oder beide Enden in der Mitte eines dünnen Blättchens in Geſtalt einer ſechsſeitigen Scheibe ſtecken, wurden von Scoresby nur zwei Mal beobachtet.

Uebrigens iſt es keinem Zweifel unterworfen, daß die Geſtaltung dieſer Kryſtalle kein Werk des Zufalls iſt, ſondern mit Temperatur, Sättigungszuſtand, Elektricität der Luft u. ſ. w. in genauem Verhältniſſe ſteht, daher auch bei ein und demſelben Niederſchlage die meiſten Flocken dieſelbe Geſtalt haben. Doch ſind die Geſetze dieſes Verhältniſſes bis jetzt noch nicht näher bekannt.

Schraube iſt ein mit einer prismatiſchen Wulſt (**Gewinde**) mehrmal auf eigenthümliche Art (in der Richtung der **Schraubenlinie**) umwundener Cylinder (**Spindel**). Die Richtung der Schraubenlinie in der krummen Oberfläche eines Cylinders findet man aber auf folgende Weiſe. Man denke ſich dieſe Oberfläche abgewickelt und in eine Ebene ausgeſpannt, ſo erhält man ein Rechteck, wie Fig. 236. (ABDC) zeigt. In dieſem theile man die beiden gleichen einander gegenüberſtehenden Seiten, welche die Höhe des Cylinders darſtellen, in gleich viele gleiche Theile und ziehe die diagonalen Linien Aa′, ab′, bc′ u. ſ. f. Legt man ſodann die Ebene wieder um den Cylinder, ſo trifft gewiß a mit a′, b mit b′, c mit c′ u. ſ. w. zuſammen und die diagonalen Linien Aa′, ab′ u. ſ. w. verbinden ſich zu einer doppelt gekrümmten, um den Mantel des Cylinders ſich ſchlingenden Linie: der **Schraubenlinie**. Jeder Punkt der Schraubenlinie iſt nach der angegebenen Entſtehung derſelben von der Art, daß eine in ihm an die Curve gelegte Tangente denſelben Winkel BAa′ mit der (verlängerten) Grundfläche des Cylinders macht. Dieſer Winkel iſt die **Neigung** der Schraubenlinie. Denkt man ſich in der krummen Oberfläche des Cylinders beliebig viele gerade (mit der Axe parallele) Linien gezogen, ſo werden dieſe ſämmtlich durch die Schraubenlinie in gleiche Theile zerlegt; jeder dieſer Theile

verbindet zwei gegenüberliegende und in der Richtung der Axe gegen einander liegende Punkte der Schraubenlinie und heißt die **Höhe** eines Schraubenganges, während der Schraubengang ſelbſt das Stück der Schraubenlinie iſt, welches zwiſchen zwei auf dieſe Weiſe zuſammengehörigen Punkten derſelben liegt. Ein Körper, welcher ſo ausgehöhlt iſt, daß die in ihm liegende Höhlung eine Schraube vorſtellt, heißt eine **Schraubenmutter**, **weibliche Schraube**, und bei der Anwendung gehören ſtets eine ſolche Schraubenmutter und eine in Holz, Eiſen u. ſ. w. ausgeführte Schraube zuſammen; die letzte heißt dann im Gegenſatz zur Schraubenmutter: die **männliche Schraube**. Die prismatiſche Wulſt, welche bei der Schraube in der Richtung der Schraubenlinie um den Cylinder herumgeht, kann entweder mit einem vierſeitigen Prisma (wie Fig. 237., mit der Schraubenmutter Fig. 238.) oder einem dreiſeitigen Prisma (wie Fig. 239. mit der Schraubenmutter Fig. 240.) gleichen. Beim Gebrauche wird die männliche Schraube in die Schraubenmutter, deren Höhlung ihr genau entſprechen muß, hinein geſteckt, und bei der Drehung entweder der einen oder der andern um die Axe der Schraube wird die Schraubenmutter an der männlichen Schraube emporſteigen oder dieſe in jene herabſteigen. Oberhalb hat die männliche Schraube einen Anſatz C, welcher der **Kopf** heißt, und an welchem, wenn die Schraube gedreht werden ſoll, die Kraft angebracht wird. Zu letzterem Zwecke iſt entweder ein Einſchnitt, oder eine Durchbohrung am Kopfe angebracht, ſo daß man einen ſcharfkantigen (Meiſel, Meſſer u. dergl.) oder einen ſtabartigen Gegenſtand einſetzen und mit dieſem als mit einem Hebel die Drehung der Schraube bewerkſtelligen kann. Zuweilen erhält ſtatt deſſen auch der Kopf eine beſtimmte eckige Form, und die Drehung wird mit einem Hebel (Schraubenſchlüſſel) bewerkſtelligt, deſſen eines Ende ebenmäßig mit der Geſtalt des Kopfes ausgeſchnitten iſt, und über denſelben geſtülpt werden kann. Wenn die Schraube in die Schraubenmutter, nach der einen Seite gedreht, herabſteigt, wird ſie, nach der entgegengeſetzten Richtung gedreht, heraufgehen. Schrauben von feſter Maſſe (Eiſen), und mit ſcharfen Kanten dringen von ſelbſt in eine weichere Maſſe bei der Drehung ein, ſo daß ſie ſich eine Schraubenmutter ſelbſt aushöhlen Von dieſer Art ſind die **Holzſchrauben**.

Befindet ſich an der Schraube die Laſt Q, ſo ruhet ſolche vermittelſt der Schraubengänge lediglich auf der ſchiefen Ebene der hohlen Gewinde in der Mutter. Aus der Figur 236. geht aber hervor, daß in der Mutter ſo viel ſchiefe Ebenen, wie Aaa′, abb′, bcc′ . . . ., vorhanden ſind, als ſie hohle Schraubengänge enthält. Beſitzt ſie daher n Schraubengänge, ſo enthält ſie n ſchiefe Ebenen, deren Länge ſo groß iſt wie ein Schraubengang, deren Höhe der Höhe des Schraubenganges und deren Grundlinie der Peripherie der Spindel gleich iſt.

Wenn das Gewicht Q gegeben iſt, welches an einer Schraube hängt, deren Spindel einen Halbmeſſer $= r$ hat, und deren Neigungswinkel der Gänge $= \alpha$ iſt: wie findet man die Kraft P, an den Umfang der Schraube wirkend, welche dem Abgleitungsbeſtreben der Schraube das Gleichgewicht halten ſoll? — Erwägt man, daß wenn die Schrau-

benmutter n Schraubengänge enthält, die Laſt Q ſich gleichmäßig auf ſelbige vertheilt, und alſo jeder dieſer Gänge nun einen Druck, der gleich iſt $\frac{1}{n}$ des Geſammtdrucks von Q, zu erleiden haben wird, ſo wird auch das Abgleitungsbeſtreben von jedem dieſer Gänge nur $\frac{1}{n}$ des Geſammtbeſtrebens von Q betragen, und die Kraft, welche dieſem Beſtreben das Gleichgewicht halten ſoll, wird daher auch nur $\frac{1}{n}$ P zu ſein brauchen. Da aber $\frac{1}{n} P : \frac{1}{n} Q = P : Q$, ſo kann man den Bruch ganz unberückſichtigt laſſen, das heißt: es kommt bei der Beſtimmung der Kraft P, welche nur dem Abgleitungsbeſtreben, nicht aber dem Druck auf die Schraubengänge entgegenwirken ſoll, auf die Anzahl der in der Mutter enthaltenen Gänge gar nicht an. Was dagegen den erwähnten Druck betrifft, ſo iſt die Anzahl der Schraubengänge in der Mutter keineswegs gleichgültig, denn es leuchtet ein, daß bei ſchweren Laſten wenige Gänge leicht ausbrechen können und nicht ſo gut den gehörigen Widerſtand zu leiſten vermögen, als dieſes der Fall iſt, wenn deren mehre vorhanden ſind. Da nun die Kraft P, welche die Schraube zu drehen ſtrebt, und an irgend einem beliebigen Punkt des Umfangs derſelben angebracht ſein mag, immer nur in den Ebenen der Grundflächen wirkt, alſo parallel mit den Grundlinien der ſchiefen Ebenen, die hier durch die Gänge in der Mutter dargeſtellt werden, ſo wird, wenn man den Neigungswinkel der Schraubengänge durch α ausdrückt, $P = \text{Tang.}\ \alpha \cdot Q$ ſein*). Es muß jedoch noch angemerkt werden, daß, da die drehende Bewegung der Schraube um ihre Axe geſchieht, die Laſt aber am Umfange der Schraube wirkt, und alſo um r von der Axe entfernt iſt, der Halbmeſſer r als ein Hebelarm zu betrachten ſei, deſſen Bewegungspunkt in der Axe liegt, und an deſſen Ende das gefundene Abgleitungsbeſtreben wirkt. Hiernach entſteht alſo ein Moment der Laſt, welches gleich iſt $r \cdot \text{Tang.}\ \alpha \cdot Q$; da aber hier vorausgeſetzt worden, daß auch die Kraft P an dem Umfange der Schraube, alſo an demſelben Hebelarm r wirkt, ſo würde man doch immer anſetzen müſſen: $r \cdot P = r \cdot \text{Tang.}\ \alpha \cdot Q$, mithin wieder $P = \text{Tang.}\ \alpha \cdot Q$. Hieraus folgt, daß die Kraft P am Umfange der Schraube lediglich von dem Winkel α abhängig, und daß es hierbei auf den Durchmeſſer der Schraube, ſowie auf die Anzahl der Gänge in der Mutter durchaus nicht ankommt.

---

*) Es kommt hier nämlich der Fall der ſchiefen Ebene in Anwendung, wo der Zug parallel der Horizontalebene wirkt, dann verhält ſich (vergl. den Art. Ebene S. 13 u. Bd. II. Fig. 5.) $P : Q = AB : BC$, d. h. aber $P = Q \cdot \frac{AB}{BC} = Q\ \text{Tang.}\ ACB$. — In gegenwärtigem Falle haben Q und P dieſelbe Bedeutung wie in der angeführten Stelle und ACB iſt der Neigungswinkel α, woraus ſich für die Schraube ergibt: $P = \text{Tang.}\ \alpha \cdot Q$.

Der Angriffspunkt der Kraft aber iſt bei der Schraube ſchon der Unbequemlichkeit wegen niemals unmittelbar an deren Umfang angebracht, ſondern es wird gewöhnlich durch deren Kopf eine Stange CD geſteckt, welche zum Angriff bei der vorzunehmenden Drehung der Schraube dient. Hierdurch wird aber zugleich eine bedeutende Erſparung an Kraft herbeigeführt; weil man ſich dieſe Stange als einen Hebelarm vorſtellen kann, deſſen Bewegungspunkt ebenfalls in der Axe der Schraube liegt, während in E ſich die Laſt und in D die Kraft befindet, und alſo die Kraft P, in D angebracht, in demſelben Verhältniß kleiner ſein kann, als ſoviel mal der Arm CD ſo groß iſt, als der Arm CE. Nimmt man demnach wie vorher den Arm der Laſt CE = r. und ſetzt den Arm der Kraft CD = R, ſo wird Gleichgewicht ſtattfinden, wenn

$$R \,.\, P = r \,.\, \text{Tang. } \alpha \,.\, Q \text{ folgl. } P = \frac{r \,.\, \text{Tang. a}}{R} \,.\, Q.$$

Wenn das Gewicht Q gegeben iſt, welches an einer Schraube hängt, deren Spindel einen Halbmeſſer = r hat, und bei der die Höhe der Schraubengänge = h iſt: wie findet man mittelſt trigonometriſcher Rechnung die Kraft P, an dem Hebelarm CD = R wirkend, welche dem Abgleitungsbeſtreben der Schraube das Gleichgewicht halten ſoll? —

Da hier ſtatt der Tang. α die Höhe des Schraubenganges, oder der ſchiefen Ebene gegeben iſt, ſo kann man nach trigonometriſchen Grundſätzen anſetzen, daß ſich die Grundlinie der ſchiefen Ebene zu ihrer Höhe h, wie 1 zur Tang. α verhält. Dieſe Grundlinie iſt aber gleich dem Umfang der Spindel, oder = $2r\pi$. Es iſt demnach:

$$2r\pi : h = 1 : \text{Tang. } \alpha \text{ alſo Tang. } \alpha = \frac{h}{2r\pi}.$$

Subſtituirt man dieſen Werth von Tang. α in die ebengefundene Gleichung für P, ſo erhält man:

$$P = \frac{r \frac{h}{2r\pi}}{R} \,.\, Q = \frac{rh}{2r\pi R} \,.\, Q = \frac{h}{2R\pi} \,.\, Q.$$

das heißt: man findet die Kraft P, wenn man die Höhe des Schraubenganges durch die Peripherie dividirt, welche den Hebelarm der Kraft zu ihrem Radius hat, und den Quotienten mit der Laſt multiplicirt.

Vergleicht man die im Vorhergehenden gefundenen beiden Werthe für P mit einander, ſo findet man, daß nach der erſtern Formel, P auch von r, oder dem Hebelarm der Laſt abhängig, während aus der letztern Formel der Buchſtabe r ganz verſchwunden iſt, und daher P immer denſelben Werth beibehält, der Umfang der Schraube mag noch ſo groß, oder noch ſo klein ſein. Dieſer anſcheinende Widerſpruch wird jedoch ſogleich gehoben, wenn man erwägt, daß es bei der letztern Formel, wo h gegeben iſt, deshalb nicht auf r ankommen kann, weil bei einer und derſelben Höhe h, der Winkel α um ebenſoviel größer oder kleiner wird, als der Hebelarm der Laſt und mit ihr der Umfang der Schraube, oder die Grundlinie der ſchiefen Ebene kleiner oder grö-

ßer wird. Je größer oder kleiner aber der Winkel α iſt, deſto größer oder kleiner iſt das Abgleitungsbeſtreben der Laſt. Um eben ſo viel alſo der Arm der Laſt zu- oder abnimmt, um eben ſo viel vergrößert ſich das Abgleitungsbeſtreben, und es erwächſt daraus für P weder ein Ab- noch ein Zunehmen der Größe. Dagegen bleibt ſich in der erſten Formel, wo α gegeben iſt, der Winkel α und alſo auch das Abgleitungsbeſtreben der Laſt immer gleich, die Größe r mag groß oder klein ſein; deshalb muß die Größe allerdings als Hebelarm der Laſt von Einfluß ſein; denn je größer oder kleiner er iſt, um eben ſo viel größer oder kleiner muß die Kraft P ſein.

Um nun hier noch zu zeigen, welche außerordentliche Wirkung man vermittelſt der Schraube hervorzubringen vermag, und wie einige Loth Kraft, an dem Hebelarm der Schraube angebracht, im Stande ſind, mehren hundert Pfunden das Gleichgewicht zu halten, ſo mag hier ein Beiſpiel folgen. Es ſei ein Gewicht von 376 ℔ an eine Schraube aufgehängt, deren Schraubengänge $\frac{1}{2}$ Zoll hoch ſind. Wenn nun die Kraft an einem fünffüßigen Hebelarm angebracht iſt, ſo fragt es ſich, wie groß dieſe Kraft ſein muß, um das Gleichgewicht hervor zu bringen? — Hier braucht man nur in der zweiten Formel für h, R und Q die gegebenen Zahlen gehörig zu ſubſtituiren, ſo erhält man:

$$P = \frac{\frac{1}{2} \cdot 376}{2 \cdot 60 \cdot 3{,}141} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 376}{376{,}920} = \frac{1}{2} \text{ ℔ beinahe.}$$

Es werden demnach hier 376 . 32, oder 12032 Loth von 16 Loth im Gleichgewicht erhalten, welches Verhältniß ſich für die Kraft noch günſtiger ſtellt, wenn die Schraubengangshöhe noch mehr verringert und der Hebelarm der Kraft noch mehr vergrößert wird.

Der Gebrauch der Schraube iſt höchſt mannichfaltig. Hauptſächlich bedient man ſich ihrer, entweder um große Laſten auf kleine Höhen zu heben, oder Körper mit einander beſonders feſt zu verbinden, oder auch zu den verſchiedenen Arten von Preſſen. Sollen z. B. verſunkene hölzerne Häuſer, ja ſelbſt Thürme, wieder in die Höhe gerichtet werden, ſo geſchieht dies, indem man ein Paar (Satz) Schrauben mit einander verbindet, über denſelben einen Klotz anbringt, in welchen die Muttern geſchnitten ſind. Bei dem Gebrauche werden die Schrauben gedrehet, und da ſich der Klotz mit den Muttern nicht mit drehen kann, ſo muß er ſich langſam in die Höhe begeben, und die auf ihm ruhende Laſt mit empor heben. Dieſe Vorkehrung kann übrigens auch eine entgegengeſetzte Einrichtung haben. Wenn man nämlich die Mutter befeſtigt, dieſelbe aber doch gedrehet werden kann, ſo wird die Schraube, wenn ſie mit der Laſt, welche ſie heben ſoll, ſo in Verbindung ſtehet, daß ſie nicht mit gedrehet werden kann, gezwungen ſein, in der Mutter langſam auf- und abzuſteigen. (Nach Sachs.)

Die gewöhnlichſte Verbindung der Gegenſtände mittelſt Schrauben iſt die, wie bei den Bolzen, welche an einem Ende mit einem breiten Kopf verſehen und an deren anderem Ende einige Schraubengänge eingeſchnitten ſind. Der Bolzen wird durch die Gegenſtände, die mit einander verbunden werden ſollen, hindurchgeſteckt und auf das mit dem

Schraubengewinde verſehene Ende die Schraubenmutter aufgeſetzt und feſtgeſchraubt, bis beide Gegenſtände hinreichend feſt an einander gepreßt ſind. Man kann auch in den einen Gegenſtand die Mutter unbeweglich feſt machen und nun durch den andern an jenen zu befeſtigenden Gegenſtand die mit einem Knopf verſehene männliche Schraube ſtecken.
Es iſt überflüſſig alle Anwendungen der Schrauben in der Mechanik aufzuführen; namentlich werden ſie zu Preſſen mannigfach angewendet.

Man verbindet die Schraube auch zuweilen mit dem Rad an der Welle, ſo daß die Schraubengänge in die ſchräg geſtellten Zähne eines Stirnrades eingreifen (Fig. 241.) Dieſe Vorrichtung führt den Namen der Schraube ohne Ende, weil die Schraube ohne Aufhören in die immer wiederkehrenden Zähne des Rades eingreift, und bei ihr kommen die Vortheile der Schraube mit denen des Rades an der Welle (ſ. d. Art.) zuſammen.

Schwefel, bis jetzt unter die chemiſch einfachen brennbaren Stoffe gezählt, iſt ſeit den älteſten Zeiten bekannt. Er kommt in der Natur ziemlich häufig, theils gediegen, theils in Verbindung mit andern Stoffen, vor, am häufigſten im Mineralreich, ſeltner im Pflanzen- und Thierreich; im Mineralreich am häufigſten in Verbindung mit Metallen, Eiſen, Kupfer, Blei, Queckſilber u. a. m., als Kieſe und Blenden; außerdem mit Sauerſtoff, als ſchweflichte oder Schwefelſäure frei oder an Baſen gebunden; mit Waſſerſtoff als Hydrothionſäure u. ſ. w. Merkwürdig iſt das häufige Vorkommen des Schwefels in Verbindung mit Waſſerſtoff in den thieriſchen Körpern. Der natürliche Schwefel kommt ſelten ganz rein vor, meiſt mit erdigen oder metalliſchen Theilen gemengt; ſeine Reinigung geſchieht im Großen durch Ausſchmelzen, Röſten und Deſtilliren. Der durch Kunſt erhaltene Schwefel erſcheint gewöhnlich in Stangen von ½, 1 — 2″ Dicke (Stangenſchwefel). Für den innern Gebrauch bedarf der Schwefel noch einer zweiten Reinigung, welche durch Sublimation in einem eiſernen verſchloſſenen Keſſel, und Leitung des Sublimats in einen kühlen Raum erfolgt, wo ſich daſſelbe in höchſt feinen Kryſtallen als lockeres Pulver abſetzt (Schwefelblumen). Dieſem Sublimat hängt jedoch gewöhnlich noch etwas freie Säure an, die man durch Waſchen im lauwarmen Waſſer ſo lange, bis daſſelbe Lackmus nicht mehr röthet, entfernen muß. Der gereinigte Schwefel wird innerlich in Pulverform gegeben; äußerlich, gewöhnlich mit Fetten gemengt, als Salbe angewendet. — In Dampfform (hier eigentlich mehr als ſchweflichte Säure) wird er als Dampfbad angewendet. Hierher gehört auch die ſogenannte Schwefelmilch, ein feines gelblich grauweißes Pulver, das beim gelinden Erhitzen ein wenig Waſſer entwickelt, und ſich in gewöhnlichen Schwefel verwandelt. Es iſt höchſt fein zertheilter Schwefel, dem in der Regel eine geringe Menge Waſſers mechaniſch aber ſehr innig anhängt. Man erhält ſie als Niederſchlag, wenn man in eine Auflöſung von Schwefelleber (5fach Schwefelkalium) in Waſſer, verdünnte Schwefelſäure

eintröpfelt. Sie wirkt wegen der höchſt feinen Zertheilung noch weit energiſcher, als die Schwefelblumen.

Der reine Schwefel iſt bei mittlerer Temperatur feſt, in der Regel faſt undurchſichtig, bisweilen durchſcheinend bis durchſichtig, von hellgelber Farbe, (beim natürlichen Schwefel wechſelnd von Orange bis Grün). Er kryſtalliſirt (beſonders aus ſeiner Auflöſung in Schwefelkohlenſtoff) in ſehr ſpitzen rhombiſchen Oktaëdern und ihren Abänderungen. Das ſpecifiſche Gewicht beträgt 1,99 — 2,00. Er iſt ſehr ſpröde und zerbrechlich, kniſtert beim Erwärmen in der Hand, wobei er öfters in Stücken zerſpringt, und ſtark elektriſch wird, und einen eigenthümlichen Geruch verbreitet. Uebrigens iſt er faſt geruch- und geſchmacklos und wird durch Reiben elektriſch (Nichtleiter der Elektr.). Er ſchmilzt bei 86 — 87° R. zu einer ölartigen Flüſſigkeit; erhitzt man ihn bis auf 160° R., ſo wird er dickflüſſig, zähe und braun; bei noch höherer Temperatur wird er wieder etwas dünnflüſſiger, dann beim allmähliegn Erkalten vor dem Erſtarren wieder ſo dünnflüſſig, als anfangs. Gießt man ihn dagegen nach längerer ſtarker Erhitzung in Waſſer, ſo bleibt er noch eine Zeit lang weich und lederartig zähe, und dient in dieſer Form zu Abdrücken. Hierbei erleidet er keine chemiſche Veränderung und kehrt nach einigen Tagen in den gewöhnlichen Zuſtand zurück. Bei 252° R. kocht der Schwefel, verflüchtigt ſich als ein orangefarbener Dampf, und läßt ſich überdeſtilliren; beim ſchnellen Erkalten legt ſich dieſer Dampf in zarten kryſtalliniſchen Theilchen an kalte Körper an. Schwefel iſt im Waſſer unauflöslich, dagegen löslich in Weingeiſt, Aether und Oelen.

Das oben erwähnte Dickflüſſigwerden des Schwefels bei einer höheren Temperatur als ſein Schmelzpunkt ſcheint mit dem allgemeinen Geſetz der Ausdehnung der Körper durch die Wärme in Widerſpruch zu ſtehen. Daß dieſer Widerſpruch nur ſcheinbar, beweiſen die neuerdings von Oſann angeſtellten Verſuche, obwohl ſie das Phänomen überhaupt keineswegs erklären. Zur Erklärung des Phänomens an ſich ſieht ſich Oſann zu der Annahme genöthigt, daß die Einfachheit des Schwefels wohl nicht als abſolut anzuerkennen ſei. Die Verſuche ſelbſt beſtehen kürzlich in Folgendem:

Es wurde eine an einem Ende verſchloſſene Glasröhre von 1'' Durchmeſſer u. 8'' Höhe in einen mit Sand gefüllten Platintiegel geſteckt, ſo daß die Hälfte davon bedeckt war. In dieſe wurde Schwefel zum Schmelzen gebracht, und in den flüſſigen Schwefel ein zu dieſem Verſuch eingerichtetes Aräometer eingelaſſen, und mit dem Erhitzen des Schwefels fortgefahren, bis das Aräometer, welches fortwährend ſank, ſeinen Stand nicht mehr veränderte. Der Schwefel war braun und dickflüſſig, und es zeigten ſich in ihm Blaſen, als Beweis, daß er zu ſieden anfing. Es wurde jetzt gemeſſen, um wie viel der Glascylinder des Aräometers über den Rand der Glasröhre hervorragte. Hierauf wurde die Glasröhre aus dem Sande genommen, und aufrecht zum Erkalten hingeſtellt. In dem Maße, als er jetzt erkaltete und dünnflüſſiger wurde, ſtieg das Aräometer. Als der geſchmolzene Schwefel am Boden der Röhre zu erſtarren anfing, wurde der nunmehrige Abſtand der Spitze des Aräometers

von dem Rande der Röhre gemeſſen, und ſomit das Verhältniß der Dichtigkeiten gefunden. Zwei Verſuche gaben folgende Reſultate:

1) der Stand des Aräometers über dem äußern Rande der Glasröhre im Zuſtand des Maximums der Dickflüſſigkeit des Schwefels war 2″, 10‴, 5 und nach dem Erkalten 3″, 7‴, 5, Zahlen, welche dem Verhältniß von 27 : 34 entſprechen.

2) Stand des Aräometers vor dem Erkalten 2″, 3‴, und nach dem Erkalten 3″, 1‴, 5, entſprechend einem Verhältniſſe von 27 : 37,5.

Den letzten dieſer beiden Verſuche hält Oſann für den gelungneren, und erklärt die Differenz zwiſchen beiden Verſuchen daraus, daß bei der großen Zähigkeit des dickflüſſigen Schwefels das Steigen und Fallen des Aräometers bei weitem ſchwieriger vorgeht, als bei andern Flüſſigkeiten.

Aus dieſen Verſuchen geht nun unläugbar hervor, daß das Dickflüſſigwerden des geſchmolzenen Schwefels bei erhöhter Temperatur nicht die Folge einer Zuſammenziehung des flüſſigen Schwefels durch die Wärme ſein kann, was auch überdieß noch der Augenſchein widerlegt. Denn nimmt man eine an einem Ende zugeſchmolzene Glasröhre, bringt hierein Schwefel und ſetzt ihn nach dem Schmelzen noch einer erhöheten Temperatur aus, ſo ſieht man deutlich, daß er ſich fortwährend ausdehnt, und beim Dickflüſſigwerden das Maximum ſeiner Ausdehnung erreicht. Ebenſo gewahrt man ein Zuſammenziehen bei dem Erkalten. — Es geht ferner aus dieſen Verſuchen hervor, daß Zähigkeit und Dichtigkeit einer Flüſſigkeit in keinem unmittelbaren Verhältniſſe zu einander ſtehen, wie dieß auch bei anderen Flüſſigkeiten leicht nachweisbar iſt.

Intereſſant iſt auch das Verfahren Oſanns bei dieſer Gelegenheit das ſpecif. Gewicht des geſchmolzenen Schwefels in dieſen zwei Zuſtänden zu beſtimmen. Es wurde nämlich zuerſt das Gewicht des Aräometers = 19,27 Granen ausfindig gemacht, hierauf in eine Cubikcentimeterröhre Waſſer von 155 Cub. Cent. Volumen gegoſſen, dann das Aräometer ſoweit eingelaſſen, daß ſein Stand dem entſprach, welchen es im dickflüſſigen Schwefel eingenommen hatte. Hierdurch ſtieg das Waſſer auf 166 Cub. Cent. Als das Aräometer hierauf ſo weit gehoben wurde, daß ſein nunmehriger Stand dem entſprach, den es im dünnflüſſigen Schwefel eingenommen hatte, gab es die Waſſerhöhe von 165 Cub. Cent. Demnach beträgt das Volumen des durch das Aräometer verdrängten geſchmolzenen Schwefels im dickflüſſigen Zuſtande 11, im dünnflüſſigen 10 Cub. Cent., und folglich das ſpecifiſche Gew. des geſchmolzenen Schwefels im erſteren Zuſtande 1,751, im letztern 1,927, welche Angabe wenig von dem ſpec. Gew. des feſten Schwefels zwiſchen 1,99 — 2,00 abweicht. Dieß ließ ſich erwarten, da die Beſtimmung für den Moment gilt, bei welchem der Schwefel zu erſtarren anfängt. Auch geht daraus hervor, daß beim Erſtarren keine ſehr beträchtliche Ausdehnung des Schwefels ſtatt findet.

Trotz der beträchtlichen Affinität des Schwefels zum Sauerſtoff bleibt er in gewöhnlicher Temperatur an der Luft unverändert, und ſäuert ſich, mit Waſſer befeuchtet, nur in geringer Menge. Bis auf

234° R. erhitzt, entzündet er ſich, brennt mit blauer (in Sauerſtoff ſchön violettrother) Flamme, und verbreitet einen erſtickenden Geruch (ſchweflichte Säure). Die vier Oxydationsſtufen des Schwefels ſind: die unterſchweflichte (hyposulphuriſche) Säure, die ſchweflichte Säure (flüchtiger Schwefelgeiſt), die Unterſchwefelſäure u. die Schwefelſäure (Vitriolöl). Die unterſchweflichte Säure, auch Schwefeloxyd genannt, wurde 1800 von Vauquelin entdeckt, ſpäter von Gay-Luſſac genauer erforſcht, entſteht vorzüglich beim Auflöſen des Schwefels in einem wäſſrigen Alkali, und beim gelinden Schmelzen eines Alkalis mit Schwefel, bildet mit Baſen die unterſchweflichtſauren Salze, ſämmtlich, ausgenommen den unterſchweflichtſauren Baryt, im Waſſer löslich. Die ſchweflichte Säure exiſtirt in waſſerleerer Form als ein farbloſes Gas von 2,2222 ſpec. Gew. atmoſphär. Luft = 1 genommen. Durch ſtarken Druck und Erkältung läßt ſie ſich tropfbar flüſſig darſtellen, und bildet dann eine waſſerhelle, ſehr bewegliche, äußerſt flüchtige Flüſſigkeit, die bei — 8° R. kocht, und bei ihrem Verdampfen einen ſehr hohen Kältegrad hervorbringt, wobei Queckſilber leicht feſt wird, und ſie ſelbſt zu einer weißen flockigen Maſſe erſtarrt. Nicht brennbar und nicht verbrennend; Lichter erlöſchen und Thiere erſticken alsbald in ihr. Sie verbindet ſich gern mit Waſſer. Nach de la Rive erhält man feſtes Hydrat in Kryſtallen beim Condenſiren des nicht völlig trockenen Gaſes in der Kälte, welches noch bei + 3 bis 4° R. feſt bleibt, in höherer Temperatur aber unter Gasentwicklung zerfließt. Unterſchwefelſäure iſt im wäſſrigen Zuſtande eine geruchloſe Flüſſigkeit von ſtark ſaurem Geſchmack. Durch gelindes Erhitzen zerfällt ſie in ſchweflichtſaures Gas, welches entweicht und Schwefelſäurehydrat als Rückſtand läßt. Die hypoſchwefelſauren Salze ſind alle in Waſſer löslich, und bilden in der Regel ausgezeichnet ſchöne Kryſtalle. Schwefelſäure (Vitriolöl, im verdünnten wäſſrigen Zuſtande, Vitriolgeiſt) wird im Großen vorzüglich auf zweierlei Weiſe bereitet, entweder aus Eiſenvitriol, den man bis zur ſchwachen Röthe calcinirt, und dann in irdenen Retorten bei ſtarker Glühhitze die Schwefelſäure übertreibt, was die rauchende Schwefelſäure (nordhäuſer Vitriolöl) gibt; oder durch Verbrennen des Schwefels, den man mit $\frac{1}{8}$ Salpeter mengt, während man beſtändig Waſſerdämpfe und atmoſphäriſche Luft zuleitet, und dieſe Dämpfe in bleiernen Kammern niederſchlagen läßt. Die ſo erzeugte Säure wird von ihrem überflüſſigen Waſſer durch Abdampfen in bleiernen (beſſer Platin-) Keſſeln befreit. Dieß gibt die gemeine, nicht rauchende engliſche oder franzöſiſche Schwefelſäure. Die waſſerfreie Schwefelſäure erhält man durch gelindes Erhitzen der rauchenden Schwefelſäure in einer gläſernen Retorte, die mit einer trockenen von Eis oder Schnee umgebenen Vorlage verſehen iſt. Dieſe waſſerfreie Schwefelſäure iſt bei niederer Temperatur feſt, bildet weiße federartige oder nadelförmige, asbeſtartige, biegſame Kryſtalle, oder eine durchſichtige eisartige Maſſe von 1,97 ſpec. Gewicht. Schon bei 12° R. ſchmilzt ſie indeſſen, und verwandelt ſich bei etwas höherer Temperatur in einen durchſichtigen Dampf. An der Luft erzeugt ſie dicke, weißgraue Nebel, iſt höchſt ätzend ſauer, und

verkohlt ſchnell organiſche Subſtanzen. — Ungemein groß iſt die Verwandtſchaft der Schwefelſäure zum Waſſer. Die waſſerleere Säure zieht mit großer Begierde Waſſer aus der Luft an, daher ſie an derſelben raucht; mit Waſſer vermiſcht, erhitzt ſie ſich häufig bis zum Sieden, oft mit Explosion und Lichtentwicklung. Dieſes bis jetzt noch nicht hinreichend erklärte Phänomen ließe ſich vielleicht theils aus der Anziehung, theils aus der rapiden Veränderung der Stellung der einzelnen Beſtandtheilchen (Friction) ableiten. Der großen Verwandtſchaft dieſer Säure zum Waſſer bedient man ſich auch, um Körper vor der Anziehung des Waſſers aus der Luft zu ſichern, indem man mit ihnen zugleich ein Schälchen mit Schwefelſäure unter eine Glasglocke bringt. Die rauchende (nordhäuſer) Schwefelſäure iſt eine Verbindung von waſſerfreier, mit mehren Prozenten waſſerhaltiger Säure, die wegen ihres Gehalts an waſſerfreier Säure ebenfalls an der Luft weiße Nebel ausſtößt. Sie iſt leicht kryſtalliſirbar, erſtarrt ſchon über 0° R. zu waſſerhellen Kryſtallen, daher ſie auch eisartiges Vitriolöl heißt. Spec. Gew. 1,86. In gelinder Hitze läßt ſie die waſſerfreie Säure fahren, und es bleibt nichtrauchendes Hydrat zurück. Die engliſche Schwefelſäure iſt eine Verbindung von ohngefähr gleichen Theilen waſſerfreier Schwefelſäure und Waſſer (einfaches Schwefelſäurehydrat). Sie iſt waſſerhell, dickflüſſig wie Oel, geruchlos, aber noch ſehr ätzend, und ſtark ſauer, verkohlt gleichfalls die meiſten organiſchen Stoffe. Sie gefriert erſt bei — 28° R. und ſiedet bei 260° R. Sie zieht noch mit Begierde Waſſer an, und erhitzt ſich ſehr ſtark, noch mehr mit Weingeiſt, wobei ſtarke Verdichtung eintritt. Setzt man ihr 1 Procent Waſſer zu, ſo erhält man eine Säure von 1,780 ſpec. Gew., welche, wie die rauchende Säure ſchon über den Nullpunkt kryſtalliſirt. Vermiſcht man hingegen 1 Theil concentrirte Säure mit 4 — 5 Theilen Waſſer ſo gibt dieß die verdünnte Schwefelſäure (Vitriolgeiſt). In dieſem verdünnten Zuſtande iſt ſie nicht mehr ätzend, und verkohlt die organiſchen Subſtanzen nicht mehr. — Mit den Baſen bildet die Schwefelſäure die ſchwefelſauren Salze. Ihre Verwandtſchaft zu den Baſen übertrifft in der Regel die aller übrigen Säuren, weßhalb ſie die meiſten Salze zerlegt. Es gibt ſaure, neutrale und baſiſch-ſchwefelſaure Salze. Die Verbindungen der Schwefelſäure mit Erden und ſchweren Metalloxyden heißen auch Vitriole im Allgemeinen. Glüht man ſie mit Kohle, ſo werden bei den metalliſchen Salzen Schwefelmetalle hergeſtellt, bei den erdigen entweicht der Schwefel.

Von den Verbindungsſtufen des Schwefels mit Waſſerſtoff, die ſich wie Säuren verhalten, ſind vorzüglich zwei bekannt: 1) die bei gewöhnlicher Temperatur tropfbar flüſſige hydrothionichte, und 2) die gasförmige Hydrothionſäure. Die von Scheele entdeckte hydrothionichte Säure (Waſſerſtoffſchwefel) iſt ein im reinſten Zuſtande dünnflüſſige, gewöhnlich aber etwas dickflüſſige, ölartig durchſichtige, gelbe oder gelbbraune, zum Theil ſich in's Grünliche ziehende, etwas klebende Flüſſigkeit, von widerlichem Geruch nach faulen Eiern, und widerlich brennendem Schwefelgeſchmack. Spec. Gewicht nach Thenard 1,769. Sie bleicht Lackmus, iſt ſehr entzündlich und

leicht zerſetzbar in der Luft, entwickelt ſelbſt unter Waſſer beſtändig Hydrothionſäure, und es bleibt zuletzt reiner Schwefel zurück. Sehr befördert wird dieſe Zerſetzung durch Wärme, und feſte pulverige Körper, die das Waſſer anziehen. In Waſſer iſt die Verbindung wenig, dagegen in Aether leicht löslich, aus welcher Auflöſung aber in kurzer Zeit Schwefelkryſtalle niederfallen. Sie bildet mit Alkalien und Waſſer die Hauptmaſſe der wäſſerigen Schwefelleberlöſungen, die hydrothionichtſauren Salze. Dieſe haben je nach ihrer Concentration und Gehalt an Schwefel eine dunkel pomeranzen- hellgelbe Farbe, riechen ſchwach nach Hydrothionſäure, und ſchmecken widerlich, ſcharf und bitter. — Die Hydrothionſäure (Schwefelwaſſerſtoff, Schwefelleberluft, hepatiſche Luft, Schwefelwaſſerſtoffſäure) zuerſt von Scheele 1772 genauer unterſucht, und als eigene Gasart unterſchieden, iſt farblos, brennbar, brennt an der Luft entzündet mit blaurother Flamme, wirkt ſelbſt, in Verbindung mit atmoſphäriſcher Luft eingeathmet, lebenswidrig, röthet Lackmus, riecht nach faulen Eiern. Spec. Gew. 1,1805, atmoſphär. Luft = 1 genommen, oder 709 mal leichter, als Waſſer. Sie läßt ſich durch ſtarken Druck und Erkältung tropfbar flüſſig darſtellen, und gibt dann eine ſehr flüchtige u. dünnflüſſige Flüſſigkeit von 0,9 ſpec. Gew. Durch Elektricität und Glühhitze in verſchloſſenen Gefäßen wird ſie zerlegt. Die Hydrothionſäure verbindet ſich bei gewöhnlicher Temperatur ziemlich leicht mit Waſſer, welches 2 — 3 Volum. Gas aufnimmt. Man erhält dieſe wäſſerige Hydrothionſäure, eine Flüſſigkeit von dem Geruch des Gaſes und ekelhaft ſüßlichem, ſchweflichem Geſchmack, durch Hineinleiten des Gaſes in kaltes Waſſer. Beim Erhitzen entweicht das Gas; auch bildet ſich beim Zutritt der Luft Waſſer, und Schwefel wird ausgeſchieden. Die Verwandtſchaft der Hydrothionſäure zu den Alkalien iſt ſehr gering. Mit Baſen bildet die Hydrothionſäure die hydrothionſauren Salze, welche Aehnlichkeit mit den hydrothionichtſauren zeigen, und durch Kochen mit Schwefel in ſolche verwandelt werden. Beim Zuſammenbringen von Hydrothionſäure und hydrothionſauren Salzen mit ſchweren Metallſalzen werden beide in der Regel zerlegt; es entſteht Waſſer und unlösliches Schwefelmetall fällt als Pulver von eigenthümlicher, meiſt dunkler Farbe nieder. Nur die wäſſrige Löſung des weißen Arſeniks wird durch Hydrothionſäure gelb gefällt, ebenſo auch die kadmium- und ſelenſauren Salze; Antimonſalze orangefarben, dagegen Zinkoxyd weiß, alle übrigen dunkelbraun bis ſchwarz.

In der Arzneikunde verwendet man die Hydrothionſäure zu innerem und äußerem Gebrauche, d. i. zum Trinken und Baden. Die natürlich vorkommenden Schwefelwäſſer enthalten Hydrothionſäure und Kohlenſäure. Nach Döbereiner kann man ſie künſtlich bereiten: a) zum Trinken, wenn man in einen Krug = 3 ℔ künſtliches oder natürliches kohlenſaures Waſſer 10 — 15 Gran Schwefelkalcium einträgt, die Flaſche wohl verſchließt, einigemal ſchüttelt, und an einem kühlen Ort aufbewahrt; b) zum Baden trägt man in eine Wanne, worin 200 — 250 Maß Waſſer ſich befinden, 4 — 8 Loth Schwefelkalcium und eben ſo viel gepulverte Kreide, wobei man unter beſtändigem

Umrühren 6 — 12 Loth engliſche vorher mit Waſſer verdünnte Schwefelſäure zuſetzt. —

Verbindungen des Schwefels mit Stickſtoff ſind das hydrothionſaure und hydrothionichtſaure Ammoniak; erſteres eine farbloſe Flüſſigkeit von durchdringendem unangenehmem Geruch nach Hydrothionſäure und Ammoniak, die an der Luft raucht, der Luft ausgeſetzt, ſchnell gelb wird, und nach und nach Schwefel abſetzt; letzteres eine dunkel orangefarbene Flüſſigkeit von öliger Conſiſtenz, ebenfalls widerlich nach Hydrothionſäure riechend, jedoch nicht ſo ſtark, wie die vorige. Ferner ſchwefelſaures Ammoniak (Glaubers geheimer Salmiak, im 17. Jahrhundert von Glauber entdeckt und als Arzneimittel eingeführt, jetzt kaum mehr gebraucht, ſich natürlich vorfindend als Mascagnin) und Schwefelblauſäure. Ueber Schwefelkohlenſtoff (Schwefelalkohol) ſiehe den Artikel Kohlenſtoff. Auch mit Chlor, Brom und Jod geht der Schwefel Verbindungen ein. Chlorſchwefel, in Weingeiſt aufgelöſt, wurde neuerlich von Dercſenyi als Arzneimittel vorgeſchlagen. Jodſchwefel iſt nach Biett ein vorzügliches Mittel gegen hartnäckige Hautausſchläge, Lepra, Tartarus, Pſoriaſis u. ſ. w. Mit den Metallen verbindet ſich der Schwefel beim Erhitzen oft unter Lichtentwicklung zu Schwefelmetall. Schwefelmetalle bilden ſich ferner beim Erhitzen eines Metalloxydes mit Schwefel, bei der Reduction ſchwefelſaurer Salze u. ſ. w. Es ſind meiſt feſte, zum Theil metalliſch glänzende, oft mannichfach gefärbte, häufig kryſtalliſirbare Körper. Die leichten Metalle bilden mit Schwefel im Waſſer lösliche, die ſchweren unlösliche Verbindungen. Dieſe Verbindungen verwittern zum Theil an der Luft, u. oxydiren an der Luft beim Erhitzen, indem ſie entweder ſchweflichtſaures Gas entwickeln, oder zu ſchwefelſauren Salzen verbrennen.

Schwere iſt das allen irdiſchen Körpern eigenthümliche Beſtreben, dem Mittelpunkte der Erde ſich zu nähern. Die Schwere herrſcht überall, ſo weit unſere Erfahrung reicht, ebenſowohl in den höchſten Höhen wie in den tiefſten Tiefen, im fernſten Süden und im entlegenſten Norden, wohin Menſchen gedrungen ſind. Sie iſt die bekannte Urſache des Falles (ſ. d. Art.), außerdem aber auch vieler anderen von dieſen ſcheinbar ſehr verſchiedener Erſcheinungen. Hierher gehören z. B. die Bewegungen der Flüſſigkeiten, welche ſich aus Gefäßen ergießen, die Bewegung und Richtung der Flüſſe, das Erheben leichter Körper vom Grunde des Waſſers und das Aufſteigen noch leichterer Subſtanzen in die Höhe der atmoſphäriſchen Luft. Da der freie Fall der Körper allein von der Schwere bedingt wird, ſo wird die Falllinie auch die Richtung der Schwere genannt, welche man bekanntlich findet, wenn man das eine Ende eines Fadens an einen gewichtigen Körper z. B. ein Stück Blei und das andere Ende deſſelben an einen unbeweglichen Punkt befeſtigt; die Richtung des Fadens wird dann allein von dem Körper, welcher zu fallen ſtrebt, beſtimmt, und gibt die Richtung der Schwere an. Statt des eben beſchriebenen Lothes kann man ſich auch eines Pendels (ſ. d. Art.) bedienen. Die Richtung der Schwere heißt lothrecht, ſenkrecht, perpendiculär.

Stellen wir uns die Erde als eine Kugel vor, und nehmen wir an, daß über ihrer Oberfläche an mehren Punkten Pendel aufgehängt wären, ſo werden dieſe ſämmtlich nach dem Mittelpunkte der Erde gerichtet ſein und folglich mit den verlängerten Radien der Erdkugel zuſammenfallen. Da nun für jeden Punkt einer Kugel eine berührende Ebene die Eigenthümlichkeit hat, daß ſie auf dem nach demſelben Punkt der Kugel gezogenen Radius ſenkrecht ſteht, ſo folgt, daß für jeden Punkt der Erdkugel die Richtung der Schwere ſenkrecht auf die Berührungsebene an dieſem Punkt ſteht, dieſe Ebene iſt aber die Horizontalebene (ſ. d. Art. Horizont). Die vielen Unebenheiten auf der Oberfläche der Erde ſind in der Vorausſetzung, daß die Erde eine Kugel ſei, vernachläſſigt, und daher kommt es, daß die Fläche des Beobachtungsortes oft ſehr bedeutend gegen die Richtung der Schwere in demſelben geneigt iſt, man hat aber nur nöthig, die Horizontalebene (z. B. durch ein aufgeſtelltes Niveau) zu beſtimmen, um ſich an jedem Orte zu überzeugen, daß die Richtung der Schwere ſenkrecht auf der Horizontalebene des Ortes ſteht. Da auf der Erde wegen der kugelartigen Geſtalt derſelben jeder Ort eine andere Horizontalebene hat, ſo folgt ſchon hieraus und überdieß aus dem Umſtand, daß die Richtung der Schwere jedes Ortes mit der Richtung des Radius an denſelben Ort zuſammenfällt, daß die Perpendikel der verſchiedenen Orte der Erde nicht parallel unter einander ſind. Stellt z. B. ABPDX (Fig. 242.) den Durchſchnitt der Erde vor, welchen der Meridian von Paris bezeichnet, u. iſt AX die Rotationsaxe, ſo trifft es ſich wegen der verſchiedenen Breiten, daß ſich Paris in P, ſeine Horizontale in der Richtung PH und ſein Loth in der Richtung PC befindet, daß Dünkirchen in D, 2° 11′ 56″ nördlicher, ſich befindet, ſeine Horizontalebene in DH′ und ſein Loth in der Richtung DC hat; Barcellona endlich iſt in B, 7° 28′ 29″ ſüdlicher, hat ſeine Horizontale in BH′, und ſein Loth in BC. Ein Beobachter, der ſich in hinreichender Entfernung von der Erde befände, um zugleich das Loth von Paris und das von Barcellona zu ſehen, würde bemerken, daß beide in einem Winkel von 7° 28′ 29″ gegen einander geneigt wären, und würde hieraus ſchließen, daß ſie nach dem Mittelpunkte der Erde zu convergiren. Stellt man Beobachtungen in einer kleinen Ausdehnung an, z. B. in einem Zimmer oder auch ſelbſt an verſchiedenen Orten in einer großen Stadt, ſo ſcheinen die Richtungen der Schwere durchaus parallel, weil der Mittelpunkt der Erde, nach dem ſie hin gehen, ſo weit entfernt iſt, daß ſo geringe Abſtände, wie ſie bei dieſen Beobachtungen vorkommen können, gegen den Erdhalbmeſſer verſchwindend kleine Größen ſind, alſo die Winkel, welche die Richtungen der Schwere bei derſelben machen, ebenfalls zu gering ſind, um merklich zu ſein. Bei größeren Entfernungen kann man den Winkel, welchen die Lothe in zwei auf demſelben Meridiane liegenden Orten machen, und welcher ſtets dem zwiſchen beiden Orten liegenden Bogen des Meridians gleich iſt, mit Hilfe von Sternbeobachtungen beſtimmen, wie im Art. Erde S. 269. gezeigt iſt.

Aus den Beobachtungen über den freien Fall der Körper (ſ. d. Art.) geht hervor, daß die verſchiedenſten Subſtanzen in gleichen

Zeiten um gleiche Weiten, d. h. durchaus mit derſelben Geſchwindigkeit fallen, und hieraus folgt, daß die Schwere eine Kraft iſt, welche gegen alle Subſtanzen durchaus gleichmäßig wirkt, ſo daß ſie durchaus nur mit der Materialität überhaupt zuſammenhängt, nicht aber irgend wie von der natürlichen Beſchaffenheit des einzelnen Stoffes abhängt. Da die ganze Erde eine Zuſammenſetzung materieller Theilchen iſt, ſo iſt die Schwere nichts anderes, als die Anziehung dieſer materiellen Theilchen gegen einander. Jeder einzelne Körper auf der Erde beſteht aus einer unendlich kleinen Anzahl materieller Theilchen gegen die Geſammtheit aller materiellen Theilchen, welche die geſammte Erde ausmachen und es liegt in der Geſtalt der Erde, daß ſich die Geſammtwirkung aller materiellen Theilchen ſo äußert, als ob die geſammte Anziehungskraft derſelben im Mittelpunkte concentrirt wäre. Wenn die Erde wirklich eine Kugel wäre, ſo würde dieß mit Genauigkeit von ihrem Mittelpunkte gelten; aber da ſie eine abgeplattete Geſtalt hat (ſ. d. Art. Erde), ſo ſchneiden ſich die Richtungen der Schwere nicht genau im Mittelpunkte, ſondern nur in der Nähe deſſelben. Der Beweis, daß die Kraft, welche in der Schwere ſich äußert, durch die Menge der materiellen Theilchen bedingt wird, liegt darin, daß, wenn in der Nähe eines Lothes eine große, zur Erdmaſſe in einigen Betracht kommende Maſſe ſich befindet, z. B. ein Berg, durch dieſen das Loth etwas aus derjenigen Richtung abgelenkt wird, die es haben würde, wenn der Berg nicht vorhanden wäre. (S. d. Art. Anziehung.)

Jeder ſchwere Körper, wie groß oder klein er auch ſein mag, kann vorgeſtellt werden als Vereinigung einer unendlichen Anzahl materieller Theilchen (Punkte, Körperelemente), deren jedes von der Schwere ſollicitirt wird. Alle dieſe Kräfte, obſchon in unzähliger Anzahl vorhanden, würden ſich in Hinſicht auf ihre Geſammtwirkſamkeit durch eine einzige, in einem gewiſſen Punkte angebrachte Kraft erſetzen laſſen. Dieſe Kraft, die Reſultante (ſ. d. Art.) aller Wirkungen der Schwere, iſt das Gewicht (ſ. d. Art.) eines Körpers, und der Punkt, in dem ſie angebracht werden muß, iſt der Schwerpunkt. Es iſt von großer Wichtigkeit, das Gewicht und den Schwerpunkt der Körper beſtimmen zu können, weil man dann das Gewicht, welches eine einzige Kraft iſt, an die Stelle aller elementären Kräfte, welche auf einen Körper wirken, ſetzen kann, und ebenſo den Einen Schwerpunkt an die Stelle aller den Körper bildenden unzähligen Punkte, und weil man auf dieſe Weiſe eine ſchwere Maſſe, von welcher Größe und Geſtalt ſie auch ſein mag, als einen einzigen, durch eine einzige Kraft ſollicitirten, Punkt betrachten kann.

In einem ſchweren Körper, der nicht von einer mehre hundert Fuß überſteigenden Ausdehnung iſt, können die Wirkungen, welche die Schwere auf jeden Punkt deſſelben ausübt, als parallel unter einander angenommen werden, weil die Richtungen, nach denen die Schwere wirkt, alle gegen den Mittelpunkt der Erde zugehen, und alle gleich ſind, indem die Körpertheilchen im leeren Raume alle mit derſelben Geſchwindigkeit fallen; mithin iſt der Schwerpunkt nichts anderes, als ein Centrum paralleler und gleicher Kräfte. Hieraus folgt eine charakteri-

ſiſche Eigenthümlichkeit des Schwerpunktes, nämlich daß er unbeweglich iſt im Inneren feſter Körper und ſeine Stelle niemals ändert, in welche Lage man auch die Körper in Bezug auf ihre Schwere bringt. Iſt z. B. der Punkt G (Fig. 243.) der Schwerpunkt des Körpers ABC, wenn der Punkt C oben iſt, ſo iſt er auch noch die Stelle des Schwerpunktes, wenn ſich der Punkt C unten befindet, oder in jeder anderen Stellung, die man dieſem Punkte geben kann; denn der Punkt, in welchem die Reſultante der parallelen Kräfte anzubringen, iſt unabhängig von der Richtung dieſer Kräfte. Damit ein ſchwerer Körper im Gleichgewicht ſei, iſt nur Eine weſentliche Bedingung zu erfüllen, nämlich der Schwerpunkt muß unterſtützt ſein. Iſt mithin der Schwerpunkt ſelbſt ein befeſtigter Punkt, ſo wird man den Körper nach allen möglichen Richtungen wenden können; er wird immer in Ruhe bleiben, weil er immer im Gleichgewicht iſt. Man kann den Verſuch mit einer Rolle von gleichmäßiger Maſſe machen, durch deren Mittelpunkt eine horizontale Axe geht, um die ſie gedreht werden kann. Wenn ein Körper in einem feſten Punkte unterſtützt iſt, welcher nicht ſein Schwerpunkt iſt, ſo iſt das Gleichgewicht auch noch möglich, aber es findet nur noch in zwei Stellungen ſtatt, nämlich wenn der Schwerpunkt ſich in der durch den feſten Punkt gehenden lothrechten Linie (ſenkrecht auf der Horizontalebene) befindet, es ſei nun über oder unter dieſem Punkte. Man kann den Verſuch mit einer Rolle anſtellen, deren horizontale Axe nicht durch den Mittelpunkt geht. Aus dieſer Betrachtung ergibt ſich ein Mittel, den Schwerpunkt eines Körpers durch den Verſuch zu finden. Man befeſtigt ihn mit einem Faden an irgend einem Punkte C ſeiner Oberfläche (Fig. 244.), hängt ihn auf, und bemerkt, nachdem er zur Ruhe gekommen, mit möglichſter Genauigkeit den Punkt m, wo die Verlängerung des Fadens die äußere Oberfläche durchdringen würde; dann befindet ſich der Schwerpunkt nothwendig in der Linie Cm. Darauf wiederholt man den Verſuch, indem man den Körper im Punkte A befeſtigt und den in dieſem Falle entſprechenden Punkt m′ bemerkt, dann muß ſich der Schwerpunkt auch in der Linie Am′ befinden. Der Schwerpunkt, welcher ſich in jeder der beiden Linien Cm und Am′ befindet, liegt nothwendig im Durchſchnittspunkte beider. Bei Körpern von gleichvertheilter Maſſe und regelmäßiger Geſtalt beſtimmt man den Schwerpunkt durch geometriſche Betrachtungen. Bei der geraden Linie iſt der Schwerpunkt offenbar in der Mitte ihrer Länge. Der Schwerpunkt des Cylinders mit parallelen Grundflächen befindet ſich in der Axe, weil dieſe eine Linie iſt, um welche alles ſymmetriſch iſt; er befindet ſich ferner in dem Schnitt, welcher parallel mit den Grundflächen durch die Mitte des Cylinders geht, und ihn in zwei gleiche Hälften zerlegt; er liegt folglich in der Mitte der Axe. Eben daſelbſt liegt er auch bei einem hohlen Cylinder. Das Parallelogramm hat ſeinen Schwerp. im Durchſchnittspunkte beider Diagonalen, denn jede Diagonale zerlegt das Parallelogramm in zwei gleiche Theile. Daſſelbe gilt auch vom ausgeſchnittenen Parallelogramm, wie ein Rahmen. Bei dem Kreiſe fällt der Schwerp. mit dem Mittelpunkte zuſammen, ebenda hat auch der Ring zwiſchen zwei concentri=

ſchen Kreiſen ſeinen Schwerpunkt. Um den Schwerp. des **Dreiecks** zu finden, ziehe man die Linien Am und Bm′ (Fig. 245.) von zwei Winkelpunkten des Dreiecks nach der Mitte der gegenüberſtehenden Seiten; ſo iſt erſtens durch Am das Dreieck in zwei gleiche Hälften zerlegt (von gleichen Grundlinien und gleicher Höhe, BAm = mAC), mithin muß der Schwerp. in Am liegen, ebenſo iſt aber auch durch Bm′ das Dreieck in zwei gleiche Hälften getheilt (von gleichen Grundlinien und gleicher Höhe, ABm′ = m′BC), folglich liegt der Schwerpunkt in Bm′, er liegt alſo in Am und Bm′, d. h. in dem Durchſchnittspunkte G. Verbindet man m mit m′, ſo iſt mm′ parallel AB, folglich Dreieck mGm′ ähnlich Dreieck ABG und es verhält ſich AG : Gm = AB : mm′ = BC : mC = 2 : 1; d. h. der Schwerpunkt eines Dreiecks wird gefunden, wenn man die Linie von einem Winkelpunkte des Dreiecks nach der gegenüberſtehenden Seite in drei gleiche Theile zerlegt; er befindet ſich dann im Endpunkte des erſten Drittheils von der Seite aus. Um den Schwerp. eines **Vielecks** zu finden, zerlegt man es in Dreiecke (Fig. 246.), ſucht die Schwerpunkte dieſer Dreiecke, betrachtet die gegen dieſelben wirkenden Kräfte als proportional mit ihren Oberflächen, und ſucht die Reſultante dieſer Kräfte: ſo iſt der Punkt, in dem dieſe Reſultante angebracht wird, der Schwerp. des Vielecks. Bei der dreieckigen Pyramide liegt der Schwerpunkt gewiß in der Linie, welche den Schwerp. der Grundfläche mit der Spitze der Pyramide verbindet, und zwar gilt dieß für jede ſolche Linie, welche Fläche der Pyramide man auch als Grundfläche annehmen mag, d. h. der Schwerp. liegt da, wo jene Linien ſich ſchneiden. Dieſer Durchſchnittspunkt liegt, wie ſich leicht nachweiſen läßt, bei $\frac{3}{4}$ der Länge jeder der angegebenen Linien von der Spitze. Eine jede Pyramide läßt ſich in dreieckige Pyramiden zerlegen und man kommt zu dieſer Folgerung: daß in allen Fällen der Schwerp. einer Pyramide ſich auf der Linie befindet, welche ihre Spitze mit dem Schwerpunkte ihrer Grundfläche verbindet, und daß derſelbe ſich in $\frac{3}{4}$ dieſer Linie von der Spitze ausgegangen, befindet. Das **Polyeder** zerlegt man in Pyramiden, wie das Polygon in Dreiecke. Der **Kegel** verhält ſich wie eine Pyramide. Der Schwerpunkt der **Kugel** fällt mit dem Mittelpunkte zuſammen, ebenſo der Schwerp. einer Kugeloberfläche und der Lage zwiſchen zwei concentriſchen Kugelflächen.

Die Bedingung des Gleichgewichts eines ſchweren Körpers iſt, daß ſein Schwerpunkt unterſtützt ſei; aber dieſe Bedingung wird auf verſchiedene Weiſe erfüllt; je nachdem der Körper in feſten Punkten aufgehängt oder auf Unterlagen gelegt iſt. Wenn die Nadel MC (Fig. 247.) ſich frei um ihre Axe auf dem verticalen Zifferblatte MTSN bewegen könnte, ſo müßte ihr Schwerpunkt G, damit er unterſtützt wäre, ſich in der durch die Axe gehenden verticalen Ebene befinden. Dieſes kann nur auf zwei Arten ſtattfinden, entweder unterhalb der Axe in G′ oder oberhalb derſelben in G; welches die beiden Stellungen des Gleichgewichts ſind. In dem erſten Falle heißt das Gleichgewicht **ſtabil** (beſtändig), weil, wenn man die Nadel nach der einen oder der anderen Seite aus ihrer Lage bringt, ſie nach derſelben wieder

zurückſtrebt und ſie endlich wieder einnimmt. Dagegen heißt im zweiten Falle das Gleichgewicht labil (inſtabil, ſchwankend), weil die Nadel, auch noch ſo wenig aus ihrer Lage gebracht, umkippen und nicht wieder in dieſelbe Stellung zurückkehren wird. Dieſe Erſcheinung iſt allgemein: es findet ſtets ſtabiles Gleichgewicht ſtatt, wenn der Schwerpunkt unter, und labiles Gleichgewicht, wenn er über der Axe iſt. Zwiſchen dieſen beiden Stellungen gibt es keine mögliche Gleichgewichtsſtellung. Ein auf eine horizontale Ebene geſtellter Körper, welcher dieſelbe nur in Einem Punkte berührt, kann auch verſchiedene Gleichgewichtsſtellungen annehmen, von denen die einen ſtabil, die anderen labil ſind, wie in dem eben angeführten Beiſpiele; und endlich gibt es andere indifferente (gleichgültige) Stellungen, aus denen man den Körper entfernen kann, ohne daß weder er ein Streben zeigt, zurückzugehn, noch ſich weiter zu entfernen; er verharrt in der Stellung, welche man ihm gibt. Wenn man vom Schwerpunkte eines Körpers nach allen Punkten ſeiner Oberfläche gerade Linien zieht, ſo iſt die größte Anzahl der ſo erhaltenen Radien an ihrem Ende ſchief gegen dieſe Oberfläche; aber es gibt ſtets eine gewiſſe Anzahl, welche ſenkrecht gegen dieſelbe ſind, wie auch die äußere Geſtalt des Körpers beſchaffen ſein mag. Unter allen dieſen Radien iſt einer der größte von allen (abſolutes Maximum) und ein anderer der kleinſte unter allen (abſolutes Minimum), und noch andere gibt es, welche in Bezug auf die ihm zunächſt liegenden Radien kleinſte oder größte ſind. Es iſt nun klar, daß wenn der Körper die Horizontalebene mit dem Ende eines der auf ſeiner Oberfläche ſenkrechten Radien berührt, — daß dann der Schwerpunkt ſenkrecht über dem Berührungspunkte liegt, und mithin Gleichgewicht ſtattfindet. Berührt dagegen der Körper die Horizontalebene mit dem Endpunkte eines ſchief gegen die Oberfläche gerichteten Radius, ſo iſt der Schwerp. nicht unterſtützt, weil er nicht ſenkrecht über dem Berührungspunkte liegt. Wenn der ſenkrechte Radius des Berührungspunktes weder ein Maximum noch ein Minimum iſt, ſondern nur den ihm benachbarten Radien gleich iſt, ſo iſt das Gleichgewicht weder ſtabil noch inſtabil, ſondern indifferent. Dieß findet z. B. ſtatt, wenn eine homogene Kugel auf einer horizontalen Ebene liegt; ſie iſt in allen möglichen Stellungen im Gleichgewicht, und folglich im indifferenten Gleichgewicht. Wenn der ſenkrechte Radius des Berührungspunktes ein Maximum iſt, ſo iſt das Gleichgewicht labil, wie dieſes bei einem auf ſeine Spitze geſtellten Ei, oder bei einem auf das Ende ſeiner großen Axe geſtellten Ellipſoid der Fall iſt. Wenn der ſenkrechte Strahl des Berührungspunktes ein abſolutes Minimum iſt, ſo iſt das Gleichgewicht ſtabil und zwar in größtmöglicher Stabilität, wie dieſes der Fall iſt, wenn man ein Ellipſoid, welches durch Umdrehung einer Ellipſe um ſeine kleine Axe entſtanden iſt, auf das Ende dieſer ſeiner kleinen Axe ſtellt. Wenn endlich der ſenkrechte Strahl des Berührungspunktes nur in Bezug auf die zunächſt ihn umgebenden Radien ein Minimum iſt, ſo findet ein ſtabiles Gleichgewicht nur in der Ausdehnung derjenigen Punkte ſtatt, in Bezug auf welche jener Radius ein Minimum iſt; und wenn der Strahl nach der einen Richtung hin ſei-

nen benachbarten Strahlen gleich iſt, während er nach anderen Richtungen ein Maximum oder Minimum iſt, ſo iſt das Gleichgewicht nach der erſten Richtung hin indifferent, nach den anderen Richtungen hin labil oder ſtabil. Dieß iſt z. B. der Fall bei einem auf der Seite liegenden Ei, oder bei einem Umdrehungsellipſoid um die große oder die kleine Axe. Man kann eine Menge von Verſuchen mit verſchieden geformten Gegenſtänden anſtellen, um dieſe Vorſtellungen geläufig zu machen. Beim Balanciren eines Stabes u. drgl. wird z. B. der Körper in labiles Gleichgewicht geſtellt, und die Aufgabe iſt, allen Zufälligkeiten entgegenzukommen, welche ein Verrücken aus dieſer Stellung bewirken könnten. Wenn ein Körper mit zwei Punkten auf eine Ebene geſtellt iſt, ſo muß die vom Schwerpunkte herabgefällte Senkrechte zwiſchen dieſen beiden Punkten, auf die ſie verbindende gerade Linie fallen. So z. B. muß bei zweirädrigen Wagen die Senkrechte vom Schwerpunkte zwiſchen die beiden Räder auf die gerade Linie fallen, welche die Berührungspunkte der Räder mit dem Boden verbindet. Fällt ſie mehr nach vorn oder hinten, ſo iſt der Wagen nach vorn oder hinten zu ſchwer beladen; und da dieſe Wagen auf geneigte Ebenen zu fahren kommen, wo ſie durch die Reibung zurückgehalten werden, ſo muß, damit ſie nicht umſchlagen, die Senkrechte des Schwerpunktes nicht außer der Linie der Berührungspunkte der Räder mit dem Boden fallen, welches um ſo ſchwieriger zu erreichen iſt, je höher die Räder ſind und einen je größeren Raum die Ladung einnimmt.*) — Wenn ein Körper auf eine mehr oder weniger ausgebreitete, begränzte Grundfläche geſtellt wird, ſo findet das Gleichgewicht nur ſtatt, wenn die Senkrechte vom Schwerpunkte innerhalb des Umfanges der Grundfläche fällt. Es iſt übrigens gleichgültig, ob dieſe Grundfläche durchaus ununterbrochen iſt, oder nicht. Im letztern Falle erhält man ihren Umfang, wenn man an die äußerſten Punkte Berührungslinien zieht (Fig. 248.). Je größer der Umfang iſt, deſto mehr kann der Schwerpunkt verrückt werden, ohne daß der Körper aufhört unterſtützt zu ſein. Alle Spielereien, welche man in Bezug auf das Gleichgewicht ausgedacht hat, laufen auf die Geſchicklichkeit hinaus, die Senkrechte des Schwerpunktes auf einer ſehr kleinen Baſis zu erhalten.**)

*) Bei der wirklichen Anwendung zweirädriger Wagen läßt man jedoch den Schwerpunkt etwas nach vorn zu fallen, ſo daß das Pferd (in der Gabeldeichſel) einen kleinen Theil der Laſt zu tragen bekommt.

**) Es wurde ſchon oben des Balancirens gedacht. Es iſt leichter einen langen und ſchweren Körper zu balanciren, namentlich wenn der ſchwerſte Theil oben liegt, als einen leichten und kurzen, denn beim Fallen um gleiche Winkel muß die Spitze des längeren Körpers offenbar einen größeren Raum durchlaufen, als die Spitze des kürzeren, und man kann bei jenem leichter die Baſis unterſchieben, um den Fall zu verhüten. Bei den Seiltänzerkünſten bleibt die Baſis unverrückt, aber der Körper muß ſo gehalten werden, daß ſein Schwerpunkt ſtets ſenkrecht über der Baſis bleibt. Erleichternd dient die Balancirſtange, welche auf beiden Seiten mit Blei

Die Bedingungen des Gleichgewichts, wie ſie ſo eben auseinander geſetzt worden, ſind nur für die Theorie hinreichend; in der Anwendung machen ſie Modificationen nöthig, weil denſelben die in der

---

ausgegoſſen iſt, und durch deren Verſchiebung in den Händen oder Neigung der Schwerp. leicht ſo verändert werden kann, daß er immer ſenkrecht über dem Seile bleibt. Gingen die Enden der Stange bis unter die Füße des Balanceur und wären dieſelben ſehr ſchwer, ſo daß der Schwerp. deſſelben ſammt der Stange unter die Füße des Künſtlers fielen, ſo könnte er ſich auf einer Spitze ſtehend nach allen Seiten wenden, als ob er ſich herabſtürzen wollte, und würde doch immer von ſelbſt in die ſenkrechte Stellung wieder zurückkommen, denn er befände ſich im ſtabilen Gleichgewichte. Man führt hiernach kleine Figuren von Holz aus, die auf einer Spitze balanciren, balancirt eine kleine dünne Münze auf einer Nadelſpitze, indem man ſie in einen Kork ſteckt und zu beiden Seiten in dieſem zwei Gabeln einſticht. Ebenſo hat man hölzerne Männchen mit langen Sägen, an deren Enden ſich eine ſchwere Kugel befindet. Setzt man die Füße, welche Spitzen haben, an den Rand eines Tiſches, ſo ſchwingt das Ganze wie ein Pendel und die Figur ſcheint am Tiſche zu ſägen, bis ſie endlich ſo ruht, daß der in die freie Luft fallende Schwerpunkt ſenkrecht unter der Stelle iſt, wo die Füße mit den Spitzen aufſtehen. So bindet man auch wohl eine volle Weinflaſche in der Gegend des Stöpſels an das Ende eines Meſſers unter ſchiefem Winkel, und legt man dann die Spitze des Meſſers auf einen Tiſch, ſo daß die Flaſche herabhängt, ſo bleibt ſie hängen, ohne herabzufallen, weil der Schwerpunkt derſelben ſenkrecht unter die Meſſerſpitze in die Luft fällt. Hierher gehören auch die Stehaufmännchen von leichtem Holz oder Kork, welche unten mit Blei ausgegoſſen und niedergelegt von ſelbſt aufſtehen, weil ſie in ſtehender Stellung im ſtabilen Gleichgewichte ſich befinden. Merkwürdig ſind die ſchiefen Thürme zu Bologna und Piſa. Bei jenem trifft ein von dem obern Rande herabgehendes Loth den Boden in 15. F. Entfernung von dem Fuße des Thurms. Man weiß nicht gewiß, ob ſie abſichtlich in dieſer ängſtlichen Stellung gebaut ſind, oder ob der Boden nachgegeben hat; gewiß iſt, daß ſie nur darum ſtehen ohne umzufallen, weil die Senkrechte vom Schwerp. der ganzen Maſſe nach dem Boden noch auf die Baſis fällt. Intereſſant iſt auch die von Muſchenbrök als chineſiſche Erfindung angegebene chineſiſche Puppe. Ein S förmig gebogener, inwendig hohler und mit etwas Queckſilber zum Theil gefüllter, hölzerner Körper hat zwei nach entgegengeſetzten Seiten hin gerichtete Unterſtützungen, denen man eben ſo eine den menſchlichen Armen und Beinen ähnliche Geſtalt gibt, wie man dem Ende die Form eines Kopfes ertheilt. Wird der Körper in einem Punkte unterſtützt, ſo fließt das Queckſilber von dieſem Ende zum anderen, rückt den Schwerp. über den Unterſtützungspunkt hinaus und veranlaßt ein Ueberſchlagen der Figur. Stellt man ſie auf eine geeignete Treppe, ſo wiederholt ſich dieſes Ueberſchlagen und die Figur ſtürzt ſich von ſelbſt Stufe um Stufe von der Treppe herab. Ueber den berganlaufenden Cylinder und den berganlaufenden Kegel ſ. d. Art. Ebene S. 15.

Wirklichkeit nicht ſtattfindende Vorausſetzung zu Grunde liegt, daß alle Körper vollkommen ſteif ſind, daß ihre Beſtandtheilchen in unveränderlicher Lage feſt neben einander liegen bleiben, alſo keine Elaſticität, keine Beugung, kein Brechen ſtattfindet. Nehmen wir aber z. B. an, daß eine lange Eiſenſtange von 1 Quadratzoll Querſchnitt in ihrem Schwerpunkte unterſtützt ſei, ſo werden ſich beide Enden derſelben herabbeugen und iſt die Stange ſehr lang, ſo kann ſie ſogar im Unterſtützungspunkte zerbrechen. Noch weniger Feſtigkeit haben alle organiſchen Körper. So z. B. ſteht ein Baum ohne umzufallen, weil der Schwerpunkt ſeiner ganzen Maſſe in die Fläche fällt, welche von ſeinen Wurzeln eingenommen wird, aber dieß hindert nicht, daß ſich ſeine Theile beugen, von jedem Windſtoße in andere Lagen gebracht, und ſo der Schwerpunkt des Baumes fortwährend verändert wird. Bei den lebendigen Geſchöpfen wird der Schwerp. durch die willkührliche Bewegung fortwährend verändert, bei jeder Erhebung des Armes, beim Aufheben des Fußes. Das Stehen iſt nichts anderes als ein Balanciren des Körpers, beim Gehen wird der Schwerp. verändert, der Körper fällt und würde ganz zu liegen kommen, wenn nicht ſogleich der andere Fuß wieder zur Unterſtützung des Schwerpunktes benutzt würde.

Die Schwere kann, wie ſchon früher bemerkt wurde, als eine vom Mittelpunkt der Erde ausgehende anziehende Kraft betrachtet werden, welche das Fallen der Körper an der Erdoberfläche bewirkt, genauer: welche macht, daß in der erſten Secunde des Falls die Körper 15,098 par. Fuß durchlaufen. Es fragt ſich, wie weit ſich dieſe Kraft erſtreckt, ob es eine gewiſſe Grenze derſelben gebe oder nicht. Die Schwere iſt ferner das Reſultat der Anziehung aller materiellen Theilchen gegen einander, es fragt ſich, ob nicht auch die Himmelskörper unter einander in einem ähnlichen Verhältniß gegenſeitiger Anziehung ſtehen, welches gewiß der Fall iſt, ſobald die Sphäre der Wirkſamkeit der Schwere eines jeden unbeſchränkt iſt. Denn da bei einem jeden Weltkörper wie bei der Erde die Schwere ſich in einem Punkte in der Mitte concentriren wird, ſo müſſen ſich die Weltkörper unter jener Vorausſetzung wie Punkte verhalten, die gegenſeitig anziehend auf einander wirken. Bei der erſten Betrachtung des Weltgebäudes ſcheint die Annahme, daß die Schwere durch daſſelbe ihre Wirkſamkeit erſtrecke, unbegründet, denn es ſcheint, daß, wäre dieß der Fall, alle Weltkörper einander immer näher kommen, zuſammen fallen müßten, welches offenbar nicht ſtattfindet, da ſich vielmehr, wie zunächſt das uns genauer bekannte Sonnenſyſtem lehrt, einzelne Weltkörper in regelmäßigen elliptiſchen Linien um andere, und dieſe wieder um andere (Monde um Erden, Erden um Sonnen) herumbewegen. Gerade aber dieſe Bewegung der Himmelskörper iſt es, welche in der Schwere ihren Grund hat, wie eine vermittelnde Betrachtung lehrt. Wird nämlich eine Kugel aus einer Kanone abgeſchoſſen, ſo würde dieſe, wenn nur der urſprüngliche Stoß, den ſie durch das Pulver erhielt, auf ſie wirkte, geradlinig fortgehen; dieß iſt aber nicht der Fall, ſondern ſie ſenkt ſich vielmehr nach der Erde zu, ſo daß ſie ſich in einer gekrümmten Linie bewegt; und denken wir uns vor der Mündung der Kanone eine Ebene

geſtellt, welche die Kugel durchbohrt, und eine zweite Ebene ſo aufgeſtellt, daß die Kugel nach einer Secunde durch ſie hindurch geht, ſo wird die Durchbohrung der zweiten Ebene genau 15,098 par. F. unter der Durchbohrung der erſten Ebene liegen. Dieſes beweiſt, daß die krumme Linie, welche die Kanonenkugel beſchreibt, von der Art iſt, daß die in ihr ſich fortbewegende Kugel zugleich der urſprünglich auf ſie wirkenden Stoßkraft und der Anziehungskraft der Erde, der Schwere gehorcht. Die kreisähnlichen Bahnen, in welchen ſich die Himmelskörper bewegen, z. B. der Mond um die Erde, können wir uns nun ganz ähnlich entſtanden vorſtellen. Gehorchte der Mond nur einer urſprünglichen Stoßkraft, ſo flöge er bei der Erde vorbei, aber er fällt, von der Schwere angezogen, zugleich auf ſie zu, und ſo kommt es, daß er eine krumme Linie um die Erde beſchreibt. Stellt C (Fig. 249.) den Mittelpunkt der Erde und zugleich der Mondbahn AMD vor (die wir der Einfachheit wegen als einen Kreis annehmen), ſo wird er von A aus, wenn er nicht auch der Schwere gehorchte, in der Richtung fortgehen, die er in A hatte, d. h. in der Richtung der Tangente AB und würde z. B. nach Verlaufe einer Secunde in B angekommen ſein; gehorcht er aber auch der Schwere, ſo wird er nach Verlauf dieſer Secunde nicht in B ſich befinden, ſondern in M, d. h. er wird zugleich um das Stück BM auf die Erde zu gefallen ſein. Wirkt nun wirklich die Schwere ins Unendliche, oder hier zunächſt bis zum Monde fort, d. h. gibt es eine allgemeine Schwere, Gravitation, und kennt man das Geſetz, nach welchem die Schwere der Erde, deren Wirkſamkeit an der Oberfläche bekannt iſt, mit der Entfernung von ihrem Mittelpunkte abnimmt, ſo kann man aus der Entfernung des Mondes berechnen, um wie viel Fuß er nach einer Secunde der Erde ſich genähert haben muß, d. h. wie groß BM iſt. Anderſeits geben geometriſche Betrachtungen, daß die Größe BM gleich iſt dem Quadrate des Bogens AM dividirt durch den Durchmeſſer AD des von dem Monde beſchriebenen Kreiſes, d. h. durch die doppelte Entfernung des Mondes von dem Mittelpunkte der Erde. Kennt man alſo das Geſetz der Gravitation, ſo muß die Größe von BM, welche man aus ihm berechnet, mit der auf geometriſchem Wege gefundenen, aus der bekannten Beſchaffenheit der Mondbahn ſich ergebenden Größe von BM übereinſtimmen. Um die Rechnungen aber mit Genauigkeit anſtellen zu können, ſo müſſen die Entfernungen, welche in Rechnung kommen, genau bekannt ſein. Die größten Schwierigkeiten bietet die Beſtimmung des Halbmeſſers der Erde dar, welche bei allen zu Grunde liegt.

Sucht man zunächſt das Geſetz der Abnahme der Schwere mit der Entfernung, ſo kann man folgende Beobachtung anſtellen. Man kann ſich die Anziehungskraft der Erde von dem Mittelpunkte derſelben ſtrahlenartig ausgehend vorſtellen, ähnlich wie das Licht nach allen Seiten hin von ſeiner Quelle aus ſich verbreitet. Stellt man ſich nun eine hohle Kugelfläche vor, deren Halbmeſſer z. B. 100 F. beträgt, und deren Mittelpunkt mit dem der Erde zuſammenfällt, ſo wird die innere Fläche dieſer Kugelſchale von jenem Lichte mit einer gewiſſen Stärke

beleuchtet werden. Wenn aber der Halbmeſſer dieſer Kugel noch einmal ſo groß, alſo gleich 200 F. wäre, ſo wird dieſe zweite hohle Kugelſchale in ihrem Innern von demſelben Lichte offenbar ſchwächer beleuchtet werden. Zwar fällt alles Licht, welches früher die kleinere Kugel beſchien, jetzt auch auf die größere, aber da die Oberfläche der zweiten viel größer iſt, als die der erſten, ſo werden die auf die zweite Kugel fallenden Strahlen, da ſie divergirend vom Mittelpunkte ausgehen, auch viel weiter von einander entfernt ſein, d. h. die zweite Kugel wird von demſelben Lichte ſchwächer erleuchtet werden, als die erſte und zwar genau um ſo viel ſchwächer, als die Oberfläche dieſer zweiten Kugel größer iſt, als die Oberfläche der erſten. Da ſich aber die Oberflächen der Kugeln bekanntlich wie die Quadrate ihrer Halbmeſſer verhalten, ſo wird die Fläche der zweiten Kugel, deren Halbmeſſer 2 mal ſo groß iſt als jener der erſten, auch $2^2 = 4$ mal ſchwächer erleuchtet werden. Eben ſo wird für eine Kugel von einem 3 mal ſo großen Halbmeſſer als die erſte, die Beleuchtung $3^2 = 9$ mal ſchwächer ſein, für einen 4 mal ſo großen Halbmeſſer 16 mal ſchwächer u. ſ. w., kurz die Beleuchtung wird abnehmen, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt, oder, was daſſelbe iſt, die Beleuchtung dieſer einen Kugelſchale, in jedem einzelnen Punkte ihrer Oberfläche, wird ſich verkehrt wie das Quadrat der Entfernung verhalten. (Vergl. d. Art. Licht S. 355.) Daſſelbe wird alſo auch von der Anziehung der Erde auf alle Körper außer ihr gelten, wenn anders die vorhergehende Vorausſetzung richtig iſt, daß Licht und Attraction ſich auf gleiche Weiſe von dem Mittelpunkte aus verbreiten.

Zu demſelben Satze gelangte aber der Entdecker des Gravitations-Geſetzes Newton auf einem anderen Wege, der durch die aſtronomiſchen Entdeckungen Keplers und Huygens gezeigt war. Kepler hatte nämlich gefunden, daß die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten um die Sonne ſich wie die Würfel der Halbmeſſer ihrer Bahnen verhalten, und Huygens ſtellte den Satz auf, daß bei den in Kreiſen umlaufenden Körpern die Quadrate ihrer Umlaufszeiten ſich verhalten wie die Halbmeſſer dieſer Kreiſe, dividirt durch den Druck, welchen dieſe Körper ſenkrecht auf die Peripherie ihrer Kreiſe ausüben. Dieſer Druck muß aber als die Kraft angeſehen werden, welche, indem ſie gegen den Mittelpunkt des Kreiſes gerichtet iſt, eben dieſe Kreisbewegung des Körpers erzeugt. Verbindet man daher dieſe beiden Sätze mit einander, ſo folgt, daß bei allen Kreisbewegungen der Druck der bewegten Körper, d. h. die im Mittelpunkte dieſer Kreiſe wohnende, bewegende oder anziehende Kraft ſich verhalten muß, wie verkehrt das Quadrat dieſes Halbmeſſers, d. h. alſo, wie verkehrt das Quadrat der Entfernung des angezogenen Körpers von dem anziehenden Mittelpunkte, welches der oben aus der Analogie mit dem Lichte gefundene Satz iſt.

Bezeichnen wir nun die Größe des Erdhalbmeſſers mit r, und die Entfernung irgend eines Punktes über der Erde, für welchen die Anziehung nach den Mittelpunkt der Erde beſtimmt werden ſoll, mit d, und nehmen wir als Maß dieſer Anziehung die Anzahl Fuß an,

welche ein frei fallender Körper in der erſten Secunde ſeines Falles zurücklegt. Wir wiſſen, daß dieſe Größe beim Abſtande r etwa 15 F. beträgt und haben folglich für die Anziehung X im Abſtande d die Proportion; $X : 15 = r^2 : d^2$, d. h. $X = \frac{15\ r^2}{d^2}$, und nehmen wir r als Einheit des Maßes, (nach dem die Abſtände beſtimmt werden): $X = \frac{15}{d^2}$. Der Mond iſt aber, wie aſtronomiſche Beobachtungen lehren, (vergl. d. Art. Parallaxe) 60,16 Erdhalbmeſſer vom Mittelpunkte der Erde entfernt, er muß alſo in der Secunde $\frac{15}{(60,16)^2}$ Fuß = 0,00414 F. = 0,6 Lin. auf die Erde zu fallen. Die Richtigkeit des Gravitationsgeſetzes iſt nun offenbar erwieſen, wenn die Beobachtungen am Monde das Reſultat beſtätigen, daß derſelbe in jeder Sekunde um 0,00414 F. auf die Erde zu fällt. In Fig. 249. iſt dieſe Größe durch BM vorgeſtellt und es wurde bereits bemerkt, daß $BM = \frac{AM^2}{AD}$. Nehmen wir nun (nach den Meſſungen von Picard, welche zur Zeit Newton's gemacht wurden, ſ. d. Art. Erde) an, daß der Halbmeſſer der Erdbahn = 19615780 ſei, ſo ergibt ſich daraus der Bogen AM = 3134,6 Fuß, und da die Entfernung des Mondes von der Erde 60,16 Erdhalbmeſſer beträgt, ſo iſt die geſuchte Linie BM, um welche der Mond in Einer Secunde zur Erde fällt = $\frac{(3134,6)^2}{60,16 \times 39231560} = 0,00416$ Fuß. Vorhin fanden wir ſtatt 0,00416 F. nur 0,00414; doch iſt der Unterſchied ſo unbedeutend, daß die vollkommenſte Beſtätigung des Gravitationsgeſetzes gefunden iſt.

Die allgem. Schwere (Gravitation) bezieht ſich nun nicht bloß auf die Erde, ſondern alle Himmelskörper wirken auf einander nach dem Geſetze derſelben, und mit Auffindung derſelben iſt daher ein großartiger Blick in den innerſten Zuſammenhang des Weltſyſtems gethan. Newton ſelbſt hat die meiſten der großartigen Folgen deſſelben bereits beſtimmt ausgeſprochen, und ſeine Entdeckungen in den Principia philosophiae naturalis mathematica niedergelegt.*)

---

*) Littrow gibt folgende kurze Inhaltsanzeige der Principien. „Dieſes Werk handelt zuerſt von den krummen Linien, welche die Körper beſchreiben, wenn ſie von gegebenen Kräften getrieben werden. Unter dieſen Problemen wird der Fall der Natur, wo die Centralkraft ſich wie verkehrt das Quadrat der Entfernung verhält, mit der ihm gebührenden Umſtändlichkeit beſonders betrachtet. Ferner wird gezeigt, daß bei dieſem Naturgeſetze die Anziehung der Kugeln auf äußere Punkte ſich ſo verhalte, als wäre ihre anziehende Kraft, die doch jedem Elemente ihrer Maſſe zukommen muß, in dem Mittelpunkte dieſer Kugeln vereiniget. Dadurch wird es erlaubt, die himmliſchen Körper, ſo groß ſie auch an ſich ſein mögen, in der Rechnung nur als Punkte zu betrachten, und ſich daher die dabei vorkommenden, ſonſt

Schwimmen, ſo viel wie ſich erhalten an der Oberfläche einer Flüſſigkeit. Jeder Körper ſchwimmt in einer beſtimmten Flüſſigkeit dann, wenn er leichter iſt, als ein dem ſeinen gleiches Volumen jener Flüſſigkeit. Dieſes Geſetz des Schwimmens läßt ſich noch auf ein anderes,

---

unüberſteiglichen Schwierigkeiten ungemein abzukürzen. Da jene anziehende Kraft nicht nur der Sonne, ſondern überhaupt allen Körpern zukömmt, ſo werden nicht bloß die Planeten von der Sonne, ſondern ſie werden auch von einander ſelbſt angezogen, und daher kommt es, daß die Ellipſe, welche jeder Planet, wenn er allein da wäre, um die Sonne beſchreiben würde, durch die Attraction der anderen Planeten oft ſehr merklich geſtört, und in eine andere ſehr verwickelte krumme Linie verwandelt wird. Glücklicher Weiſe ſind dieſe Planeten alle ſo klein gegen die Sonne, und überdieß durch ſo große Zwiſchenräume von einander getrennt, daß dieſe Störungen nur gering ſind, und daß man ſich ohne merklichen Fehler erlauben kann, die Störungen jedes Planeten durch jeden andern, einzeln betrachtet, zu zu unterſuchen. Wäre dieß nicht der Fall, ſo würde man alle dieſe Störungen, welche jeder Planet von **allen** andern **zugleich** erleidet, berechnen müſſen, und dann würden die Schwierigkeiten ſo groß ſein, daß ſie die Kräfte unſerer gegenwärtigen, und wahrſcheinlich auch die aller künftigen Analyſe, weit überſteigen würden. Bei dieſer Einrichtung unſeres Sonnenſyſtems aber reicht vollkommen zur Theorie der Bewegung eines Planeten hin, wenn man zuerſt die reinen elliptiſchen Elemente (ſ. d. Art. **Planeten**) deſſelben ſucht, und dann die Störungen auffindet, welche derſelbe durch jeden andern Planeten, einzeln betrachtet, erleidet. Auf dieſe Weiſe iſt die Unterſuchung auf das ſogenannte **Problem der drei Körper** zurückgebracht, d. h. auf die Beſtimmung der Bewegung eines Planeten, der von der Sonne angezogen, und von einem anderen, gegen die Sonne viel ſchwächeren Planeten, in ſeiner Bewegung etwas geſtört wird. Auch in dieſer Beſchränkung bleibt dieſe Aufgabe noch immer eine der ſchwierigſten der ganzen Aſtronomie. **Newton** hat ſie nicht erſchöpft, wie ſie denn auch in unſern Tagen noch immer nicht als vollendet betrachtet werden kann, ſo weit man auch in derſelben bereits vorgerückt iſt. Aber er hat, wie beinahe in allen großen Fragen dieſer Wiſſenſchaft, die ſeit ihm die erſten Geometer beſchäftigte, er hat die Grundzüge, die erſten und ſchwerſten Schritte zur Auflöſung derſelben angegeben. Die weitere Entwickelung deſſelben Naturgeſetzes gab ihm auch Mittel an die Hand, die Maſſen der Sonne und der Planeten, die Dichtigkeiten derſelben, und die Größen zu beſtimmen, durch welche auf der Oberfläche derſelben die Körper in der erſten Secunde fallen, und ſo Fragen zu beantworten, welche die Alten ſich, vernünftiger Weiſe, nicht einmal aufgeben konnten. So fand er z. B., daß die Maſſe der Sonne 355000mal größer, als die der Erde iſt, daß die Dichte der Sonne nur der vierte Theil der Dichte der Erdmaſſe iſt, daß die Körper auf der Oberfläche der Sonne in einer Secunde durch 430, auf der Oberfläche Jupiters aber durch 39 Fuß fallen u. ſ. w.

Die große Abplattung Jupiters, die kurz zuvor **Caſſini** entdeckt hatte, brachte **Newton** auf die Unterſuchung der Urſache derſelben, und

allgemeineres zurückführen, nämlich auf das Princip des Archimed*): daß ein in eine Flüſſigkeit geſenkter Körper ſoviel von ſeinem Gewicht verliert, wie viel das Gewicht der von ihm aus der Stelle gedrängten Flüſſigkeit beträgt. Dieſer Satz gilt ſowohl für tropfbar flüſſige als für gasförmige Körper. Geſetzt wir hätten ein großes mit Waſſer gefülltes Gefäß und im Innern des Waſſers befände ſich ein Würfel, deſſen obere und untere Fläche horizontal wären (Fig. 250.). In dieſem Falle wird der Würfel von allen Seiten durch die Flüſſigkeit gedrückt werden und zwar werden 1) die ſeitwärts ihn treffenden Drucke gleich und entgegengeſetzt ſein, und ſich folglich gegenſeitig aufheben; 2) wird die obere Oberfläche einen Druck von oben nach unten erfahren,

---

dadurch auf die Beſtimmung der wahren Geſtalt der Erde, die auch, wenn gleich viel weniger als jener Planet, an ihren Polen abgeplattet iſt. Er fand, daß die aus der Rotation der Erde entſtehende Centrifugalkraft an dem Aequator den 289ſten Theil der Schwere beträgt, daß der Halbmeſſer des Aequators ſich zu der halben Rotationsaxe der Erde wie 230 zu 229 verhält, und daß die Geſtalt der Erde die eines Körpers iſt, der durch die Rotation einer Ellipſe um ſeine kleine Axe entſteht. (S. d. Art. Erde.)

Newton zeigte ferner, daß die wunderbaren Erſcheinungen der Ebbe und Fluth des Meeres eine bloße Wirkung der Attraction des Mondes, verbunden mit jener der Sonne ſind, und lehrte die Größe und Zeit derſelben beſtimmen. Er erklärte die größeren Ungleichheiten der Mondbewegungen, vorzüglich die Evection, Variation und die jährliche Gleichung (ſ. d. Art. Mond) aus dem von ihm entdeckten Naturgeſetze, und zeigte, daß ſie eben ſo eine bloße Folge dieſes Geſetzes ſind, wie die ſchnelle Bewegung der Knoten und der Abſiden dieſes Satelliten. Selbſt die Präceſſion der Nachtgleichen ſtellt er, den Beobachtungen gemäß, aus dieſem Geſetze, d. h. aus der Anziehung der Sonne und des Mondes auf die an ihren Polen abgeplattete Erde dar. Die Kometen betrachtete er als Himmelskörper, die in eben ſo regelmäßigen Bahnen, wie die Planeten, um die Sonne gehen, und er lehrte uns, die Elemente dieſer Bahnen aus den Beobachtungen zu berechnen, wovon er ſelbſt ein Beiſpiel für den merkwürdigen Kometen d. J. 1680 gegeben hatte. Ueberdieß findet man noch in demſelben Werke zum erſten Male die vorzüglichſten Lehren unſerer Hydroſtatik und Hydrodynamik oder die Theorie des Gleichgewichts und der Bewegung der Flüſſigkeiten; tiefe und ſchwierige Unterſuchungen über die Bewegungen feſter Körper in flüſſigen und luftförmigen Mitteln, über den Widerſtand, welchen ſie von dieſen Mitteln erleiden, über die Geſtalt der Körper, bei welchen dieſer Widerſtand am kleinſten iſt; über die Bewegung der Pendel und der geworfenen Körper in widerſtehenden Mitteln, über die Fortpflanzung des Schalls in der Luft, über die Bewegung des Waſſers in Röhren und Kanälen, über die Wirkungen des Lichts auf die Elemente der Körper u. ſ. w.

*) Man erzählt, Archimed (der um 250 v. Chr. lebte) ſei aus dem Bade, wo er den wichtigen Satz entdeckt, voller Freude herausgeſprungen und durch die Straßen von Syrakus gelaufen, rufend: Gefunden, gefunden!

welcher gleich iſt der auf ihr laſtenden Säule der Flüſſigkeit im Gefäße; und endlich 3) wird die untere Fläche des Würfels einen Druck von unten nach oben erfahren, welcher gleich iſt dem Gewicht einer Flüſſigkeitsſäule vom Durchſchnitt der Würfelfläche und von der Höhe, in welcher die Flüſſigkeit über der unteren Fläche des Würfels ſteht*). Mithin bleibt nur ein Druck von unten nach oben wirkſam, welcher gleich iſt dem Gewicht eines Würfels der Flüſſigkeit, welcher mit dem eingeſenkten Würfel gleiche Größe hat, und dieſer Druck wirkt entgegen dem Beſtreben des Würfels nach unten zu ſinken, d. h. ſeinem eigenthümlichen Gewichte, denn dieſes treibt ihn von oben nach unten. Die Tragkraft einer Flüſſigkeit iſt für einen jeden Körper gleich dem Gewichte der von ihm aus ſeiner Stelle getriebenen Quantität der Flüſſigkeit, und ein eingeſenkter Körper iſt zweien Kräften ausgeſetzt, nämlich ſeinem Gewichte, welches ihn von oben nach unten treibt, und der entgegenwirkenden Tragkraft der Flüſſigkeit, welche ihn von unten nach oben treibt. Sind beide Kräfte einander gleich, ſo bleibt der Körper im Gleichgewicht, hat all ſein Gewicht verloren und ſchwimmt in der von ihm eingenommenen Stelle in der Flüſſigkeit, ohne ſich zu heben oder zu ſenken. Iſt die Tragkraft der Flüſſigkeit größer als das Gewicht des Körpers, ſo wird dieſer nach der Oberfläche emporgetrieben und zwar ſo lange und ſo weit, bis das Gewicht der von ihm aus der Stelle getriebenen Quantität Flüſſigkeit gleich iſt dem Gewichte des Körpers. Aus der Tiefe, bis zu welcher ein auf der Oberfläche der Flüſſigkeit ſchwimmender Körper einſinkt, kann man folglich ſein eigenes Gewicht berechnen, wenn das ſpecif. Gew. der Flüſſigkeit bekannt iſt. Iſt endlich das Gewicht des Körpers größer als die Tragkraft der Flüſſigkeit, ſo ſinkt der Körper bis auf den Grund der Flüſſigkeit. Man kann die Richtigkeit des angegebenen Satzes für Körper jeder Form mit Hilfe der hydroſtatiſchen Waage nachweiſen. Dieſer Apparat iſt eine gewöhnliche Waage, mit der man die Körper wägen kann, erſt in der freien Luft, und nachher wenn man ſie in eine Flüſſigkeit eingeſenkt hat. C (Fig. 251.) iſt ein hohler kupferner Cylinder, deſſen innere Hohlung durch den maſſiven Cylinder P genau ausgefüllt werden kann. Man legt beide in eine Schale der Waage, und legt ſo viele Gewichte auf die andere Waagſchale, bis das Gleichgewicht hergeſtellt iſt. Hierauf bringt man die Waage in Ruhe und befeſtigt den Cylinder P mit einem ſehr dünnen Draht unter die Waagſchale, um ihn in eine Flüſſigkeit, z. B. Waſſer, wie Fig. 251. darſtellt, einzu-

*) Man kann ſich dieß näher ſo erklären. Fehlte der Würfel, ſo würde die unter ihm befindliche Quantität Flüſſigkeit einen Druck von oben gleich der angegebenen Flüſſigkeitsſäule die wir S nennen wollen) erleiden, müßte folglich ſo zuſammengepreßt werden, daß der von ihr ausgeübte Gegendruck gleich dem Gewichte S wäre; dieſer Gegendruck bleibt derſelbe, wenn auch der Würfel eingeſenkt wird, weil die relat. Dichtigkeit des Waſſers unter ihm (wenn es vorausgeſetzt nach allen Seiten ausweichen kann) dieſelbe bleibt, der Würfel mag eingeſenkt ſein oder nicht.

ſenken. In dieſem Zuſtande findet ſich das Gleichgewicht aufgehoben, iſt aber ſogleich wieder hergeſtellt, wenn man den hohlen Cylinder C genau mit Waſſer füllt; woraus folgt, daß der Cylinder P durch die Einſenkung in das Waſſer ſoviel an Gewicht verloren hat, als das in C gegoſſene Waſſer wiegt, d. h. als die Quantität Waſſer wiegt, die von ihm aus der Stelle getrieben worden.

Das Princip des Archimed läßt ſich noch auf eine andere, von der Geſtalt des eingeſenkten Körpers völlig unabhängige Weiſe darthun. Nehmen wir im Innern einer flüſſigen Maſſe irgend ein Volumen an, z. B. eine Kugel von 1. Met. Halbmeſſer. Stellen wir uns vor, daß die Beſtandtheilchen des Waſſers, welche ſich in dieſem Volumen befinden, einen Augenblick zuſammen erſtarren, d. h. eine feſte ſtatt einer flüſſigen Kugel bilden; aber daß ſie ſich bei der Erſtarrung weder einander nähern, noch ſich von einander entfernen, und daß ſie genau ihre gegenſeitige Lage und ihre gegenſeitigen Abſtände behalten. Es iſt klar, daß eine ſolche Kugel ſchweben und in Ruhe bleiben wird, wie dieſes bei der flüſſigen Kugel der Fall war; denn der Zuſammenhang, den wir unter den verſchiedenen Beſtandtheilchen annahmen, kann weder eine Hebung noch ein Sinken veranlaſſen; er ändert nichts weder in dem Drucke der umgebenden Flüſſigkeit noch in der Schwere der Kugel. Dieſe feſte und ſchwere Kugel hat folglich ihr Gewicht verloren, weil ſie nicht fällt, und der Grund iſt der, daß ſie von einer von allen Seiten auf ſie drückenden Flüſſigkeit umgeben wird. Aus allen den verſchiedenen Drucken, welche die Flüſſigkeit von allen Seiten gegen ſie ausübt, ergibt ſich mithin ein Druck, welcher dem eigenthümlichen Gewichte der Kugel entgegenwirkt und ſo daſſelbe aufhebt, alſo dieſem Gewichte genau gleich iſt. Dieſe Betrachtung läßt ſich auf einen jeden Körper anwenden, welches auch ſeine Geſtalt ſein mag.

Wie nun auch dieſer Körper geformt ſei, der in der angenommenen Weiſe erſtarrt iſt; man wird ihn nach der Erſtarrung auf jede Weiſe um ſeinen Schwerpunkt drehen können, und er wird in allen Lagen im Gleichgewicht bleiben. Die Kraft, welche ihn von unten nach oben drückt, die Tragkraft der Flüſſigkeit, hat folglich ihren Angriffspunkt im Schwerpunkte der erſtarrten Flüſſigkeit. Nennen wir dieſen Punkt das Centrum des Druckes. Nehmen wir nun ſtatt der flüſſigen, als erſtarrt angenommenen Flüſſigkeit einen fremdartigen Körper von irgend einer Subſtanz an, von Kork, Marmor, Eiſen, ſo iſt klar, daß er von der umgebenden Flüſſigkeit ganz dieſelben Drucke erfahren wird, wie der vorher angenommene erſtarrte Flüſſigkeitskörper von derſelben Geſtalt. Die Tragkraft der Flüſſigkeit und das Centrum des Druckes hängen folglich einzig ab von der Quantität und der Geſtalt der verdrängten Flüſſigkeit, aber nicht im entfernteſten von der Natur der Subſtanz, welche die Flüſſigkeit verdrängt. Ein eingeſenkter Körper iſt mithin ſtets zweien Kräften unterworfen, deren Größe, Richtung und Angriffspunkte wir kennen. Die erſte dieſer Kräfte iſt das Gewicht des Körpers, welches von oben nach unten wirkt und ſeinen Angriffspunkt im Schwerpunkte der feſten Maſſe des Körpers hat; die zweite Kraft iſt die Tragkraft der Flüſſigkeit, welche von unten nach oben wirkt,

dem Gewichte der aus der Stelle gedrängten Flüſſigkeit gleich iſt und ihren Angriffspunkt im Schwerpunkte der verdrängten Flüſſigkeit hat.

Damit ein Körper inmitten einer Flüſſigkeit im Gleichgewicht ſei, müſſen im Allgemeinen zwei Bedingungen erfüllt ſein: 1) das Gewicht des Körpers muß gleich dem Gewichte der aus der Stelle gedrängten Flüſſigkeit ſein; 2) der Schwerpunkt des Körpers und der der Flüſſigkeit müſſen in dieſelbe Senkrechte fallen. Dieſe Bedingungen folgen aus dem Vorhergehenden, laſſen ſich aber noch deutlicher an einem Beiſpiele darſtellen. LSPS′ (Fig. 252.) iſt eine aus zwei Stücken zuſammengeſetzte Kugel; das eine Stück SLS′ iſt Kork, das andere SPS′ Blei. Ihr Schwerpunkt befindet ſich in g und ihr Gewicht iſt genau gleich dem derjenigen Quantität Waſſer, die ſie aus der Stelle drängen kann. Bringt man dieſe Kugel ſo in das Waſſer, daß der Schnitt SS′ ſenkrecht iſt, wie Fig. 253. zeigt, ſo wird ſie wegen Bedingung 2 in dieſer Stellung nicht verharren können, ſondern ſich umwenden bis g und C, der Schwerpunkt der Flüſſigkeit, in derſelben Verticale liegen, und zwar wird ſie in der Stellung Fig. 252. im ſtabilen, in der Stellung Fig. 254. im labilen Gleichgewicht ſich befinden. (Vergl. d. Art. Schwere.) Wenn der Körper durchaus gleichmäßig iſt, ſo fällt ſein Schwerpunkt mit dem der Flüſſigkeit zuſammen und es braucht folglich nur die erſte Gleichgewichtsbedingung ſtattzufinden. Dieß kann man auch ſo ausdrücken, daß das Gleichgewicht dann ſtattfindet, wenn der eingeſenkte Körper und die ihn umgebende Flüſſigkeit dieſelbe Dichte beſitzen. Eine Kugel von Wachs bleibt im Waſſer ohne zu ſteigen oder zu ſinken, ſinkt im Weingeiſt herab, und ſchwimmt auf dem Queckſilber, weil ihre Dichte der des Waſſers ziemlich gleich, bedeutender als die des Weingeiſts und geringer als die des Queckſilbers iſt. Die Fiſche ſcheinen im Waſſer, in dem ſie leben, im Gleichgewicht zu ſein, denn ſie können ſich in ihm ruhig verhalten, ohne von ihrem Gewicht herabgedrückt oder von der Tragkraft des Waſſers emporgehoben zu werden. Ein Fiſch wiegt hiernach genau ſo viel, als er Waſſer aus der Stelle drängt; er wiegt ein Kilogramm, wenn er ein Litre Waſſer verdrängt, und 1000 Kilogramm, wenn er 1000 Litres oder ein Cubikmeter verdrängt.*) Ein Wallfiſch von 20 Metres Länge verdrängt ungefähr 500 Cubikmetres und wiegt mithin 500000 Kilogr. und ſelbſt noch etwas mehr, weil das Meerwaſſer etwas ſchwerer als reines Waſſer iſt. Eine zweite Bedingung, daß der Fiſch ruhig in Mitten des Waſſers ſich halten kann, iſt, daß ſein Gleichgewicht weder labil noch indifferent ſei, und dieſe Bedingung wird durch ein auch noch zu andern Zwecken dienendes Organ erfüllt, die Schwimmblaſe. Dieſelbe hat bei den verſchiedenen Arten verſchiedene Geſtalten, aber ſie hat ſtets eine ſolche Lage, daß ſie die oberen Theile erleichtert und den unteren Theilen mehr Gewicht verſchafft. Auf dieſe Weiſe liegt der Schwerpunkt des Körpers tiefer als das Centrum des Druckes und die Bedingung der Stabilität iſt erfüllt. Nach

*) Weil Ein Litre reines Waſſer Ein Kilogramm wiegt.

den intereſſanten Unterſuchungen von Biot iſt das in der Schwimmblaſe enthaltene Gas nicht gewöhnliche Luft; es iſt faſt reines Stickgas bei den in der Nähe der Oberfläche lebenden Fiſchen, und beſteht aus ungefähr 0,9 Sauerſtoffgas und 0,1 Stickgas bei denen, welche in einer Tiefe von 1000 bis 1200 Metr. leben. Bei 8 oder 9000 Metr. Tiefe würden dieſe Gaſe ſo dicht wie Waſſer, und die Schwimmblaſen würden für's Gleichgewicht unnütz. Es ſcheint, daß ſich die Fiſche ihrer Schwimmblaſe auch bedienen, um Bewegungen von oben nach unten oder von unten nach oben auszuführen, die ſie mit Hilfe ihrer Floßfedern nur ſchwierig zu Stande bringen würden. Zu dieſem Zwecke brauchen ſie dieſelbe nur beliebig zuſammenzupreſſen oder aufzublaſen; im erſten Falle bleibt ihr Gewicht daſſelbe während ihr Volumen abnimmt, ſie ſind dichter als Waſſer und ſinken herab; im zweiten Falle findet von alle dem das Gegentheil ſtatt und ſie ſteigen auf. Indeß iſt dieſe Erſcheinung nicht ſo einfach, als es den Anſchein haben mag. Ein Fiſch in Mitten des Waſſers kann ſich nicht anſchwellen wie ein Säugethier, welches den Athem an ſich hält; er findet keine Luft, die er einziehen oder ausſtoßen könnte; er muß mit derſelben Quantität Gas dieſe Bewegungen zu Stande bringen. Daher muß durch eine willkührliche Bewegung das Gas fortwährend ſtärker zuſammengedrückt ſein, als es durch die umgebende Flüſſigkeit ſein würde, und etwas mehr oder weniger Energie in dieſer zuſammendrückenden Bewegung gibt ihm nach einander ein kleineres oder größeres Volumen. Hierauf beruht das artige Experiment mit den Carteſianiſchen Teufelchen. Dieß ſind nämlich kleine hohle Figuren von dünnem Glaſe, gewöhnlich in Geſtalt kleiner Teufel, welche am Schwanze eine kleine Oeffnung, die in den hohlen Körper reicht, haben. Man bringt dieſe Figürchen in ein längliches Cylinderglas voll Waſſers, welches man mit Blaſe überbindet. Drückt man nun mit dem Finger abwechſelnd auf die Blaſe und läßt wieder nach, ſo ſinken und ſteigen demgemäß die Teufelchen im Glaſe, weil die Luft in ihrem Leibe vom Waſſer abgeſchloſſen und bald mehr bald weniger gepreßt wird. — Bei den Fiſchen, welche man in einer Tiefe von 1000 Metres fängt, befindet ſich das Gas der Schwimmblaſe unter einem Drucke des Waſſers gleich dem von 100 Atmoſphären; kommen ſie dann plötzlich an die Oberfläche, ſo ſucht daſſelbe einen 100mal größeren Raum einzunehmen; und man macht die Bemerkung, daß die ganze Muskelkraft des Fiſches nicht ausreicht, hinlänglich Widerſtand zu leiſten; das Gas entweicht, indem es alle benachbarten Organe herauswirft, namentlich den Magen, der dann ſo ausgedehnt iſt, daß er außerhalb des Maules eine ſonderbare Art Ballon bildet. Hieraus kann man ſchließen, daß die verſchiedenen Gegenden des Meeres nicht nur nach den verſchiedenen Klimaten, ſondern auch nach den verſchiedenen Tiefen verſchiedene Bewohner haben.

Für die an der Oberfläche ſchwimmenden Körper gibt es wie für die eingeſenkten zwei Bedingungen des Gleichgewichts und dieſe Bedingungen ſind dieſelben. Nur die Bedingung der Stabilität iſt eine andere. Ein Schiff z. B., welches eine Million Kilogramme wiegt, befindet ſich nur im Gleichgewicht, wenn es 1000 Cubikmetres

Waſſer aus der Stelle verdrängt, welche ebenfalls eine Mill. Kilogr. wiegen, und wenn ſein Schwerpunkt und ſein Centrum des Druckes in derſelben Verticale liegen. Aber der Schwerpunkt braucht nicht unter dem Centrum des Druckes zu liegen; er braucht nur unterhalb eines anderen Punktes zu liegen, welcher Metacentrum oder Punkt des Widerſtandes genannt wird und deſſen Beſtimmung nicht ganz leicht iſt. Die Lage des Metacentrums hängt von der Geſtalt des Schiffes ab, die Lage des Schwerpunktes von der Vertheilung der Ladung, und von der Entfernung dieſer Punkte von einander hängt die Geſchwindigkeit der Schwingungen ab, welche das Schiff macht. Um bei einem Schiffe das Metacentrum zu finden, ſucht man erſt den Schwerpunkt deſſelben und ſein Centrum des Druckes und drückt dann das Schiff mittels einer querübergelegten langen Stange und eines an ihrem Ende angebrachten ſchweren Gewichtes auf die Seite. Dann ſchneiden ſich die durch beide genannte Punkte gezogenen Linien im Metacentrum, deſſen Ort bei gleichmäßiger Belaſtung des Schiffes aus dem Winkel gefunden wird, welchen die genannte Stange mit der horizontalen Linie des ruhenden Schiffes macht. Läge der Schwerpunkt des Schiffes über dem Metacentrum, ſo müßte das Schiff nothwendig umſchlagen, wogegen es ſo viel ſicherer ſchwimmen wird, je weiter beide von einander abſtehen, weil bei den Schaukelungen deſſelben der Kreis ſo viel größer iſt, deſſen Bögen ſein Schwerpunkt um ſein Metacentrum beſchreibt. Hiernach richtet ſich dann auch Höhe und Gewicht der Maſten, des Tauwerks, der Segel u. ſ. w. und ergibt ſich die Nöthigkeit des Ballaſtes bei unbeladenen Schiffen.

Auf dem Umſtande, daß jeder Körper ſchwimmt, deſſen Gewicht kleiner iſt als das eines dem ſeinen gleichen Volumens Waſſer, beruht die Anwendung von Schwimmgürteln, Schwimmkleidern, Blaſen mit Luft gefüllt u. ſ. f., welche der Menſch ſich umzubinden pflegt um zu ſchwimmen u. die alle nichts weiter ſind, als leichte Körper, mit denen ſich verbindend der Menſch ſein Volumen vermehrt, ohne ſein Gewicht in gleichem Verhältniſſe zu vergrößern. Pelt in Kopenhagen verfertigte ſich einen wurſtförmigen Ring von Segeltuch mit Korkſchnitzeln gefüllt, legte ihn um die Hüften und ruhte auf einem ſattelförmigen Sitze, welcher an zwei Seiten des Ringes befeſtigt war. Dabei bediente er ſich zweier Ruder und ſchwamm mit dieſer Vorrichtung über den Sund. Nützlich ſind die 1688 von Bakker in Amſterdam vorgeſchlagenen Kameele, deren ſich ſeitdem verſchiedene ſeefahrende Nationen bedient haben, um ſchwere Schiffe über Untiefen und Sandbänke zu führen. Sie ſind bis 200 F. lange und 36 F. breite, flache und in mehre Kammern getheilte Kähne, welche, mit Waſſer gefüllt, an den Seiten der großen Schiffe befeſtigt werden. Zur Erhaltung des Gleichgewichtes werden die einzelnen Kammern nach einander leer geſchöpft und ſie heben dann das Schiff um 6 und mehre Fuß in die Höhe. Sinkende Schiffe kann man zuweilen durch die leeren Waſſertonnen ſchwimmend erhalten, die man, das Spuntloch nach unten gekehrt, feſtnagelt.

Das Schwimmen des Menſchen geſchieht bekanntlich, indem derſelbe das Waſſer unter ſich drückt, entweder liegend oder ſtehend und

im letzten Falle mit beiden Füßen das Waſſer gleichſam unter ſich tretend. Da die Menſchen, wenn ſie nicht dieſe Kunſt des Schwimmens verſtehen, ertrinken, ſo muß man ſchließen, daß der Körper des Menſchen ſchwerer ſei, als ein gleich großes Volumen Waſſer. Doch iſt der Unterſchied im Gewicht jedenfalls ſehr unbedeutend und das Ertrinken wäre erklärlich, auch wenn, wie allerdings einige Verſuche zu beweiſen ſcheinen, der menſchliche Körper im Ganzen noch etwas leichter als Waſſer wäre. Jeder, der die erſten Verſuche zu ſchwimmen unternimmt, wird die Bemerkung machen, daß ihn das Waſſer hebt, daß er nicht wie ein Stein zu Boden ſinkt, ſondern vielmehr mit der größten Anſtrengung nicht auf den Grund des Waſſers, wenn es einigermaßen tief iſt, ſich hinlegen kann. Die Hauptaufgabe des Schwimmens iſt nur die, den Kopf über Waſſer zu halten, dieſer iſt aber gerade der verhältnißmäßig ſchwerſte Theil des Körpers und am geneigteſten unterzuſinken. Um je weniger leichter ein ſchwimmender Körper als Waſſer iſt, deſto tiefer ſinkt er ein; der menſchliche Körper kann folglich nur ſchwimmen, wenn ein ſehr kleiner Theil deſſelben über Waſſer iſt, und der Menſch muß jedenfalls ertrinken, wenn dieſer kleine Theil nicht der Kopf iſt. Ein geübter Schwimmer hat nur ſehr geringe Kraftanſtrengung zum Schwimmen nöthig, während ein Unkundiger auch bei den gewaltigſten Anſtrengungen ertrinkt, weil jener alle Theile des Körpers im Waſſer läßt und nur geſchickt den Kopf oben erhält, dieſer Arme und Füße eher und weiter nutzlos herausbringt und den Kopf ſinken läßt. Einzelne Perſonen, namentlich fette, ſind ſpecifiſch um bedeutendes leichter als Waſſer. So wird von einem neapolitaniſchen Mönche P a o l o M o c c i a erzählt, daß er 300 neap. Pfund ſchwer, um 30 Pfund leichter als ein dem ſeinen gleiches Volumen Waſſer geweſen ſei. Derſelbe ſank im Meere ohne eine beſondere Bewegung zu machen nur bis an die Bruſt ein.

Selbſt ſpecifiſch viel ſchwerere Körper als Waſſer können auf dieſem doch ſchwimmen, wenn ſie eine hinreichend ausgehöhlte Form haben. So hat man z. B. kupferne Kähne (Pontons). Die Berechnung eines ſolchen Körpers iſt leicht. Es ſei das abſolute Gewicht des feſten Körpers $= P$ und der Raum, in dem er ausgedehnt werden muß, ſei $= V$ in Cub. Fuß. Es ſoll ferner ſich verhalten das Gew. des Körpers zu dem Gewicht eines gleichen Vol. Waſſer $= m : 1$ und das Gewicht von 1 Cub. F. Waſſer ſei $= g$. Dann beträgt das Gewicht des Waſſers, welches den Raum V ausfüllt, gV, man hat folglich

$$m : 1 = P : gV \text{ d. h. } V = \frac{P}{mg} \text{*)} .$$

*) B e i ſ p i e l. Man ſoll eine eiſerne Schale in Geſtalt einer Halbkugel verfertigen, welche 20 Pfund wiegt. Geſetzt $g = 66$ Pfund. Dann iſt alſo $P = 20$ Pf. und m ſei $= \frac{2}{3}$. Wir haben nach der Formel $V = \frac{P}{mg}$ $= \frac{20 \,.\, 3}{2 \,.\, 66} = \frac{5}{11} = 0{,}455$ Cub. F. Iſt nun der Halbmeſſer der Kugel =

Dünne und kleine Körper von bedeutend größerem ſpecif. Gewichte als Waſſer ſchwimmen, wenn man ſie vorſichtig auf Waſſer legt, z. B. feine Nähnadeln, Goldblättchen u. dergl., weil die Cohäſion der Waſſertheile zu groß iſt, als daß ſie durch ſo kleine Gewichte aufgehoben werden könnte.

Bekanntlich ſchwimmen auch die leichteren Flüſſigkeiten auf den ſchwereren, z. B. Oel auf Waſſer. Man kann ſie durch Schütteln unter einander mengen, nachdem ſie aber zur Ruhe gekommen, lagert ſich die leichtere Flüſſigkeit über der ſchwereren. Jede der ſchichtenweis auf einander liegenden Flüſſigkeiten hat eine horizontale Fläche. Man gründet hierauf verſchiedene Spielereien. Wenn man z. B. eine mit Waſſer gefüllte Glasröhre oben mit einer Kugel mit unterwärts gekehrter Oeffnung in rothen Wein einſenkt, ſo zieht ſich das Waſſer nach und nach aus der Kugel und Röhre herab, und der leichtere Wein ſteigt dagegen durch die Röhre in die Kugel hinauf. Man kann den Verſuch leicht ſo anſtellen, daß es den Anſchein hat, als werde Waſſer in Wein verwandelt. Auch thut man vier Flüſſigkeiten von verſchiedenem ſpecif. Gewicht, z. B. Queckſilber, zerfloſſenes Weinſteinſalz, Weingeiſt und Bergöl zuſammen in eine verſchloſſene Röhre. Man nennt ein ſolches Glas ein Elementenglas, denn ſchüttelt man es, ſo ſind die 4 Elemente (welche die Flüſſigkeiten darſtellen) unter einander gemengt, wie im Chaos und ſondern ſich dann allmählig.

Seen heißen die größeren rings vom Lande eingeſchloſſenen, mit dem Meere nicht in unmittelbarer Verbindung ſtehenden Waſſeranſammlungen der Erde. Die größten unter ihnen werden auch Meere genannt, und einige zeichnen ſich durch beſondere Eigenthümlichkeiten aus. Man findet die Seen nicht nur in den ebenen, ſondern häufig auch in gebirgigen Gegenden und zwar in beträchtlichen Höhen über der Meeresoberfläche. Der Mont-Cenis hat ohnweit ſeines höchſten Punktes einen See, der eine halbe franz. Meile lang iſt, und eben ſo liegt auf dem großen Bernhard ein See von 4000 Meter Umfang. Auf dem Mont-Perdu liegt ein See in 2540 Meter Höhe, der Mica bei Antiſana iſt

---

r, ſo iſt $V = \frac{2}{3}\pi r^3$ alſo $r = \sqrt[3]{\frac{3V}{2\pi}} = 0{,}6$ F. Nennen wir ϱ den Halbmeſſer der innern Höhlung der Schale, ſo iſt $r - \varrho$ die Dicke der Schale. Der körperliche Inhalt der Schale iſt $= \frac{2}{3}\pi\,(r^3 - \varrho^3)$. Da aber (das ſpec. Gew. des Eiſens gegen Waſſer = 7,645 angenommen) 1 Cub. Fuß Eiſen 504,57 Pfund wiegt, ſo muß der körperliche Inhalt der Schale $= \frac{20}{504{,}57} = 0{,}0396$ Cub. F. $= \frac{2}{3}\pi\,(r^3 - \varrho^3)$ ſein. Alſo iſt $r^3 - \varrho^3 = \frac{3\,.\,0{,}0396}{2\pi}$ und $\varrho = \sqrt[3]{\left(r^3 - \frac{3\,.\,0{,}0396}{2\pi}\right)} = 0{,}59$. Folglich iſt $r - \varrho = 0{,}01$ gleich der Dicke der eiſernen Schale.

4000 Meter und der See von Mexico 7000 F. über der Meeresfläche erhaben. Im Allgemeinen iſt der Norden reicher an Seen als der Süden. Durch große und tiefe Seen zeichnen ſich das nördliche Rußland, die ſkandinaviſche Halbinſel, Schottland, die Schweiz u. Nordamerika aus. In der afrik. Provinz Bornu befindet ſich ein See, Tſaad, der eine Länge von 90 franz. Meilen hat. Der Bärenſee in Nordamerika iſt 150 geogr. Meilen lang, 120 breit und hat bei 45 Faden noch keinen Grund. Die Größe der Seen in den Vereinigten Staaten iſt nach Miles (von denen 4 ½ auf eine geogr. Meile gehen) und deren Tiefe nach engl. Füßen folgende:

Namen.	Länge	Breite	Tiefe.
Ontario	180 Miles	40 Miles	1000 F.
Erie	270 „	60 „	400 „
Huron	250 „	100 „	1800 „
Michegan	400 „	50 „	unbek.
Green Bay	105 „	20 „	unbek.
Superior (Obere See)	480 „	109 „	1800 F.

Die Seen empfangen und geben ab ihr Waſſer theils auf eine äußerlich ſichtbare, theils auf eine nicht in die Augen fallende Weiſe. Einige Seen nehmen viele Flüſſe auf, ohne auch nur einen zu entſenden, andere geben mehren Flüſſen den Urſprung, ohne einen aufzunehmen. Im letztern Falle ſind es offenbar unterirdiſche Quellen, welche das Waſſer zuführen. Muncke führt folgende Beiſpiele hierzu an. Unter die Seen, welche viel Waſſer aufnehmen und keines oder wenig durch Abfluß verlieren, gehört vorzüglich das Caspiſche Meer, welches außer mehren kleinen, die großen Flüſſe Emba, Ural, Wolga, Kuma, Terek, Kur, Sefyroud, Aſter und Tetſchien aufnimmt, und ſein Waſſer vorzüglich durch Verbreitung deſſelben in den Steppengegenden vermittelſt der Verdunſtung verliert. Die frühere Vermuthung, daß unterirdiſche Canäle aus demſelben einen Abfluß in das ſchwarze Meer gewährten, iſt durch Engelhardt und Parrot vollſtändig widerlegt, welche aufgefunden haben, daß ſein Spiegel etwa 300 Fuß tiefer liegt. Man ſchätzt die Menge des einfließenden Waſſers auf 23 5 Billionen Cub. F. und die des verdunſtenden nur auf 14 Billionen, allein letztere muß auf 19 vermehrt werden, und außerdem tränkt er ſeine ſandigen Umgebungen, die Steppen, wodurch ſeine Verdunſtung bedeutend vermehrt wird. Mit dem Aral, welcher drei große und viele kleine Flüſſe aufnimmt, dabei aber ſalziges Waſſer enthält, hat es die nämliche Bewandtniß, und gleichfalls mit dem todten Meere, in welches der Jordan, Kedron, Arnon und Jared fließen. Ihm in jeder Beziehung höchſt ähnlich iſt der See Urumea oder Urmia in Perſien, welcher aus 14 Flüſſen ſein Waſſer erhält, und keinen Abfluß hat; dennoch aber vermindert ſich die Höhe ſeines Waſſerſpiegels fortwährend. Der Titicaca in Südamerika nimmt 10 große und viele kleine Flüſſe auf, ohne einen ſichtbaren Abfluß zu haben, und eben ſo der Tacarigua in Valencia 12 bis 14, z. B. Rios de Aragua, Turmero,

Maracai, Tapatapa, Aguas calientes, Mariara, Cura, Guacaro, Guataparo, Valencia, Canno grande de Camburi u. a. ohne irgend einen Abfluß. Dagegen gibt der Ybera-See in Amerika vier anſehnlichen Flüſſen ihr Waſſer, und ſeine Ausdünſtung wird bei einem Flächeninhalte von wenigſtens 1000 Seemeilen ins Gevierte auf mehr als 70000 Tonnen täglich angeſchlagen, dennoch aber erhält er ſein Waſſer bloß durch unterirdiſchen Zufluß, vermuthlich aus dem Parana. Er iſt durchaus mit Waſſerpflanzen, Buſchwerk und ſelbſt Bäumen ſo ſehr angefüllt, daß man bis zur Mitte deſſelben nicht kommen kann, was zu allerhand Sagen von dort lebenden Zwergen u. ſ. w. Anlaß gegeben hat. Sehr Merkwürdiges wird vom Czirknitzer See erzählt, was indeß in neuerer Zeit zum Theil für Fabel erklärt worden iſt. *)

*) Sommer theilt über den Czirknitzer und ähnliche Seen Folgendes mit. Der allermerkwürdigſte See dieſer Art iſt der von dem gleichnamigen Flecken ſo benannte Czirknitzer See im Herzogthum Krain, nicht weit vom Adelsberge. Seine Länge iſt ¾, die Breite an einigen Orten ½, an andern nur ¼ Meile. Doch hängt dieß von der Waſſermenge ab. Eben ſo iſt ſein Umfang in trockenen Jahren nur 4 bis 5, in naſſen dagegen 7 bis 8 Stunden. Es iſt bekannt, daß man in dieſem See zuweilen in Einem Jahre abwechſelnd fiſchen, ſäen, ernten und jagen kann. Während der trockenen Jahreszeit nämlich fließt das Waſſer durch unterirdiſche Kanäle und Schlünde deren gegen 30 ſeyn ſollen, nach und nach ſo gänzlich ab, daß der Boden ganz trocken und nach wenigen Wochen in eine fette Weide verwandelt wird, welche eine Menge Landthiere herbeizieht. Auch bauen die Landleute Hirſe und Haidekorn darauf an, welche nach ein paar Monaten geärntet werden können. Die Wieſenflächen gewähren eine reiche Heuärnte. Beim Ablaufen des Sees wird eine unglaubliche Anzahl Fiſche gefangen. Auch eine Menge Waſſergeflügel findet man darin. Gegen den Winter hin fängt der See auf einmal an, ſich wieder mit Waſſer zu füllen, und zwar geſchieht dieß weit ſchneller als zuvor das Ablaufen erfolgte. Denn ſchon in 24 Stunden iſt der See angefüllt, da er hingegen zum Abfließen an 25 Tage bedarf. Das Waſſer dringt zum Theil aus denſelben Schlünden und Kanälen wieder hervor, welche es vorher verſchlungen hatten. Das meiſte kommt aus zwei großen Höhlen des an der Südſeite gelegenen Berges Jawornik, welche durch eine Menge Seitenklüfte mit andern Höhlen im Innern des Gebirges zuſammenhängen. Parrot erklärt dieſen Czirknitzer See für eine ausſetzende (intermittirende) Quelle (ſ. d. Art.) nach einem großen Maßſtabe. Die ganze Erſcheinung des Ab- u. Zufließens hängt wahrſcheinlich davon ab, daß der ganze See von einer Menge Höhlen umgeben iſt, dergleichen es, (vergl. d. Art. Höhlen S. 102 f.), in den Kalkgebirgen Krains ſo viele gibt. Einige dieſer Höhlen befinden ſich unter dem Boden des Sees, andere liegen ſeitwärts und höher. Heberförmige Klüfte ſetzen beide mit einander in Verbindung, ſo daß das in den obern angeſammelte Waſſer nur alsdann in die untern überfließen kann, wenn es den höchſten Punkt des Hebers erreicht hat, dann aber auch ganz ausfließt. Dafür ſpricht der Zuſammenhang, welcher zwiſchen dem Waſſerſtande des Sees und der Wit-

Die meiſten Seen haben ſüßes Waſſer, doch gibt es auch viele zum Theil ſehr merkwürdige Seen mit ſalzigem Waſſer. Einige Seen zeichnen ſich durch vorzügliche Helligkeit ihres Waſſers aus. So z. B. hat der Wetterſee ſo helles Waſſer, daß ſich ein Stück Geld auf dem Boden in einer Tiefe von 126 F. erkennen läßt, und Carver fand den Obern See bei ruhigem Wetter und Sonnenſchein ſo durchſichtig, daß er in freier Luft zu ſchweben glaubte, und nicht lange in die Tiefe zu ſehen vermochte, ohne ſchwindlig zu werden. Das Waſſer des Bärenſees iſt ſo hell, daß ein Stück weißen Tuches auf 90 F. Tiefe noch ſichtbar bleibt.

---

terung ſtattfindet, und die daraus entſtehenden Unregelmäßigkeiten im Zu- und Abfließen. So gibt es z. B. Jahre, wo er gar nicht abfließt, und wieder andere, wo er ſich zwei oder drei Mal verläuft und wieder anfüllt. Indeß will man nie bemerkt haben, daß er länger als vier Monate trocken geblieben. Im Herbſt wird er ſtets angefüllt und bleibt es bis zum Winter, wo er zufriert. Unterdeſſen nimmt zuweilen das Waſſer wieder ab oder verläuft ſich auch gänzlich, ſo daß die Eisdecke bald ſich nicht mehr halten kann und mit einem fürchterlichen Krachen zuſammenſtürzt. Im Frühling erfolgt endlich die zweite Anfüllung. Der Zufluß des Waſſers, ſelbſt wenn der See im Sommer gänzlich ausgetrocknet iſt, erfolgt zuweilen ſo plötzlich, daß die Bauern auf dem Getraidefelde oder die Heumäher nicht ſelten in Lebensgefahr gerathen. Beſonders iſt es ſehr gefährlich, die Grotten und Höhlen zu beſuchen, indem man oft ſelbſt kurz nach dem Ablaufe des Waſſers vor einer plötzlichen Wiederkehr deſſelben nicht ſicher iſt. Aus einigen Klüften ſpritzt es wie aus einer Spritze oder einem Springbrunnen, aus andern bricht es wie ein gewaltiger Strom hervor; bei noch andern dringt es nur tropfenweiſe aus den Felſenſpalten heraus. Eben ſo verſchieden iſt der Abfluß. In einige Schlünde ſtürzt ſich das Waſſer mit der größten Heftigkeit, durch andere fließt es wie durch kleine Sieblöcher ab. Zwei der abführenden Klüfte ſind unter den Namen des großen und kleinen Trommelſchlägers bekannt, da ſie nach Ablauf des Waſſers ein trommelähnliches Getöſe von ſich geben, welches vom Windzuge herrührt. — Der Czirknitzer See ſoll mit dem benachbarten, tiefer liegenden See von Planina in Verbindung ſtehen.

Ein Seitenſtück zu dieſem Czirknitzer See, obwohl in kleinerem Maßſtabe iſt der Eichner See im Großherzogthum Baden, unweit des Fleckens Eichen im Treiſamkreiſe. Auf dem Boden befinden ſich eine Menge kleiner Löcher, wie von Regenwürmern gebildet, durch welche das Waſſer zuweilen ſo gänzlich abläuft, daß nur in der Mitte ein Schlammgrund übrig bleibt, der übrige Grund aber zum Getraidebau und als Wieſe benutzt werden kann. Das Anſchwellen dieſes Sees iſt zu andern Zeiten ſo ſtark, daß er 8 bis 10 Juchart Landes einnimmt. Von der Witterung ſcheint das Anfüllen und Verſchwinden nicht abzuhangen, denn man hat beides ſowohl bei trockener als regneriſcher Witterung eintreten ſehen. Eben ſo wenig finden beſtimmte Zeiträume dabei ſtatt. Der See iſt oft 2 bis 3 Jahre ohne Waſſer geweſen und zu andern Zeiten hat er ſich jähr-

Aus den ſalzigen Seen wird zum Theil Kochſalz gewonnen. Dieß iſt namentlich der Fall bei mehren afrik. Seen, z. B. in der Nähe der Kapſtadt, in Amerika z. B. auf der Halbinſel Araya, in Europa beſonders in Siebenbürgen, in Aſien vorzüglich in Sibirien. Der Griäsnoje-Oſero, öſtlich vom Jaik, welcher 20 Werſte im Umfange hat, erzeugt am Rande und auf dem Boden in trockenen Jahreszeiten eine Salzrinde von Fingersdicke. Noch ergiebiger an Salz iſt der Inderskeſche See, 80 Werſte im Umfange, welcher viele Flüßchen von geſättigter Soole aufnimmt, ſo daß in Folge der Verdunſtung das Salz bis zur Dicke einer halben Arſchine vollkommen weiß darin niederfällt. Der Alton im Aſtrachanſchen erzeugt ſo viel Salz in Schichten, welche weggebrochen werden, daß im Sommer meiſtens 1000 Menſchen dabei arbeiten. Ein See im Mansfeldſchen, eine Meile lang und eine halbe breit, hat einen Salzgehalt genau wie die Oſtſee, ohngeachtet er mit einem ſüßes Waſſer haltenden See in Verbindung ſteht. Noch merkwürdiger aber iſt, daß nach Pallas manche Seen in Sibirien früher ſüßes Waſſer hatten, und jetzt ſalzig ſind, z. B. der Tſchubaret, welcher früher viele Süßwaſſerfiſche hatte, jetzt aber ſalzig und bitter iſt. Auch der See Möris ſoll nach Andreoſſy ehemals ſüßes Waſſer gehabt haben, womit die Umgegenden bewäſſert wurden, jetzt aber iſt er ſalziger als das Mittelländiſche Meer. Nach Strabo enthielten die gegenwärtig bitteren Seen des Iſthmus von Suez ſüßes Waſſer. Andere haben Natron, z. B. in Ungarn, Aegypten u. a., ein See in Thibet liefert Tinkal und Natron; viele Seen haben Waſſer von der Art des Meeres, z. B. das Caspiſche Meer und andere ſibiriſche, jedoch iſt der

---

lich zwei bis dreimal angefüllt. Auch weiß man nicht, woher das Waſſer kommt und wohin es geht. Einige vermuthen, daß ein unterirdiſcher Zuſammenhang mit dem etwa eine Meile davon entfernten Rheine vorhanden ſei. Merkwürdig iſt auch noch die ätzende Schärfe des graubläulichen Waſſers in dieſem See. Es leben daher nur Fröſche und Kröten darin. Auch in Rußland, im Uſchytzker Kreiſe der Statthalterſchaft Podolien, befindet ſich ein merkwürdiger See dieſer Art, freilich nur eine Werſt lang und 260 Schritte breit. Er wird durch den kleinen Fluß Tarnawa, unterhalb des Dorfes Tymna, auf dem Gebiete des Gutes Neſterowiec gebildet. Regelmäßig ſieben Jahre lang erhält ſich dieſer kleine See in den angegebenen Grenzen ſeines Waſſerſpiegels. Nach dieſer Zeit verſchwindet das Waſſer im Laufe eines Monates ganz und gar. Der Fluß Tarnawa verliert ſich hier ebenfalls in dem Boden, bricht erſt einige Werſte unterhalb wieder aus der Erde hervor und ſetzt ſeinen Lauf in einem nicht unbedeutenden Strombette fort. Der Boden des nun ganz ausgetrockneten Teiches wird im erſten und zweiten Jahre, weil die Erde noch ſehr weich iſt, nur zum Anbau von Roggen, Hanf und Mais benutzt, vom dritten Jahre aber bis zum ſiebenten gedeihen alle Getraidearten ganz vorzüglich darauf. Nach ſieben Jahren ſtellt ſich das Waſſer wieder ein und bildet im Laufe eines Monats aufs Neue jenen See an derſelben Stelle. Dieſer ſiebenjährige Wechſel findet ſeit Menſchengedenken ſtatt.

Salzgehalt der eingeſchloſſenen Meere im Allgemeinen geringer, als der des Oceans. Unter die merkwürdigſten Seen gehört das todte Meer, welches, gegen 12 Meilen lang und in der Mitte 3 Meilen breit, ſelbſt in der Umgegend durch ſchreckliche Oede ein Bild des Todes gibt. Den Eingang zu demſelben macht ein Salzthal, worin ſich ein mächtiges Salzlager befindet, aus welchem an mehren Stellen große Salzfelſen hervorragen, weswegen die ſogenannten Loth's-Säulen von den verſchiedenen Reiſenden an verſchiedenen Stellen angegeben werden. Dort holen die Araber Salz, welches nebſt Asphalt die einzige nutzbare Subſtanz jener Gegenden iſt. Dasjenige Asphalt, welches im See in großer Menge ſchwimmt, iſt lockerer, und kommt ſchwerlich nach Europa, mehr das in der Nähe gegrabene. Außerdem findet ſich dort etwas Schwefel. Der See hat weder Pflanzen noch Conchylien noch Fiſche, und blos eine kleine Gattung Krebſe lebt darin. An ſeinem Südende iſt er ſo ſeicht, daß er durchwatet werden könnte, wodurch der Weg nach Paläſtina beträchtlich abgekürzt würde, aber das Waſſer wird auf dieſer langen Strecke von 5 Stunden für die Füße unangenehm. Die Römer befuhren ihn in leichten Schiffen von Rohr, um das Bitumen zu holen, gegenwärtig iſt er ganz leer. Sein Waſſer iſt klar und geruchlos, aber das ſalzigſte in der Welt, und hat daher das größte ſpecifiſche Gewicht, weßwegen man nicht darin untertauchen kann. An der Oſtſeite legt ſich das Salz in fußdicken Schollen an, und alle Gegenſtände werden damit inkruſtirt; ſelbſt ſeine Ausdünſtung und das durch Winde fortgeriſſene Waſſer überzieht die benachbarten Gegenſtände und Kleider der Reiſenden mit Salz. Zur Zeit der Hitze iſt die Ausdünſtung ungeſund, und nach Seetzen ſtets wie Seewaſſer riechend. Nicht ſelten ſteigen Rauchſäulen aus demſelben auf, namentlich lagen zur Zeit des großen Erdbebens in Syrien anhaltend dicke Rauchwolken auf der ganzen Gegend, welche nur ſelten von Reiſenden beſucht wird, ſchon wegen der dortigen höchſt wilden und räuberiſchen Stämme. Das Waſſer iſt warm, vermuthlich durch die Asphaltquellen, indem dieſe Subſtanz wenigſtens häufig als flüſſige Maſſe emporquillt, und erſt an der Oberfläche mehr erhärtet. Das Waſſer dieſes Sees iſt oft chemiſch unterſucht, namentlich durch Klaproth, nach welchem in 100 Theilen deſſelben 10,6 ſalzſ. Kalk, 24,2 ſalzſ. Talk und 7,8 ſalzſ. Natron enthalten ſind. Gay-Luſſac fand ſeine Eigenſchwere bei 17° C. = 1,2283 und in 100 Theilen 6,95 Kochſalz, 3,98 ſalzſ. Kalk, und 15,31 ſalzſ. Talk. Nach Hermbſtedt's Analyſe beträgt das ſpec. Gew. bei 12°,5 R. 1,24 und es finden ſich in 100 Theilen an freier Salzſäure 0,507; ſchwefelſaurer Kalk 0,004; ſchwefelſ. Natron 1,597; Chloreiſen im Max. 0,335; Chlorkalium 0,275; Chlornatrium 4,859; Chlorcalcium 4,250; Chlormagnium 15,755, zuſammen 27,584. Nach Lavoiſier iſt ſein ſpec. Gew. = 1,24062, nach C. C. Gmelin = 1,21223. Daß man bei niedrigem Waſſerſtande noch Spuren zerſtörter Städte dort finden ſolle, iſt nach neueren Berichten zweifelhaft. Der Sarnoje-Oſero unweit des Fluſſes Surgut wird aus ſchwefelhaltigen Quellen gebildet, und da er in einem eingeſchloſſenen Thale liegt, ſo iſt er ſchaudererregend anzuſehen und verbreitet auf drei Werſte

im Umkreiſe einen ſchrecklichen Geruch. Sein klares Waſſer iſt 37° C. warm, erzeugt am Boden einen ſchwarzen Niederſchlag, im tiefen Abzugscanale aber einen weißen Ueberzug, wird nach 50 Faden trübe, zuletzt milchweiß, und färbt den Fluß Surgut. Ein ſehr ſchweres und ſtark ſalziges Waſſer enthält der Urumea oder Urmia in den vulcaniſchen Gebirgen am Ararat. Er hat 300 engl. Meilen im Umfange, und nährt gleichfalls keine Fiſche. Das ſpec. Gew. des Waſſers ſoll (ohne Zweifel zu groß) = 1,16507 ſein, und 500 Theile deſſelben ſollen 85,00 Kochſalz, 10,08 ſalzſ. Talk und 40,26 ſchwefelſ. Natron, im Ganzen 135,34 oder in 100 Theilen 27,05 enthalten.

Wie das Waſſer mancher Quellen, ſo hat auch das Waſſer einiger Seen die merkwürdige Eigenſchaft, daß es eingeworfene Pflanzenkörper verſteinert. Ein ſolcher See iſt der Lough-Neagh in Ireland und in Perſien bei Chiramyn gibt es nach Morier ſogar ſich verſteinernde Seen. Derſelbe gibt in dieſer Beziehung folgende Notizen: „Dieſe Naturmerkwürdigkeit beſteht aus einigen auffallenden Teichen oder Lachen, deren träge Waſſer in einem langſamen und regelmäßigen Bildungsverlauf (?) ſtocken, erſtarren und verſteinern, und ſo jenen ſchönen durchſichtigen Stein hervorbringen, der gewöhnlich Tabrizer Marmor heißt, auf den meiſten perſiſchen Begräbnißplätzen ſo merkwürdig und an allen ausgezeichneten Gebäuden der Gegend eine Hauptzier iſt. Dieſe Teiche, welche dicht neben einander liegen, ſind innerhalb einer halben Meile Umfangs enthalten, und ihre Lage iſt mit unter einander liegenden Steinhaufen und Hügeln bezeichnet, welche mit den vermehrten Ausgrabungen ſich vermehrt haben. Man kann den Verſteinerungsprozeß vom Anfang bis zum Ende verfolgen. An einer Stelle iſt das Waſſer klar, an einer zweiten ſieht es dicker und ſtockend aus, an einer dritten ganz ſchwarz und an der letzten weiß, wie Rauchfroſt. In der That ſieht ein verſteinerter Teich wie gefrornes Waſſer aus, und ehe der Prozeß vollendet iſt, bricht ein leicht darauf geworfener Stein die äußere Decke und das ſchwarze Waſſer darunter dampft aus. Iſt der Prozeß vollendet, ſo macht ein Stein keinen Eindruck mehr und man kann darüber gehen, ohne ſich einen Schuh naß zu machen. Iſt in die Verſteinerung eingehauen worden, ſo kann man den merkwürdigen Entſtehungsprozeß klar ſehen und es ſieht aus wie Bogen von grobem Papier, die auf einander geſchichtet ſind. Das Streben des Waſſers, Stein zu werden, iſt ſo groß, daß, wo es vom Grunde herauf in Blaſen aufſteigt, die Verſteinerung die Form von Kügelchen annimmt, als ob die Quellblaſen durch einen Zauberſchlag in ihrem Spiele angehalten und in Marmor umgeſtaltet würden. Der ſo hervorgebrachte Stoff iſt bröcklich, durchſichtig, und zuweilen grün, roth und kupferfarbig geädert. Er läßt ſich in ungeheure Platten ſchneiden und nimmt einen ſchönen Glanz an. Der Stein wird ſo ſehr als ein Luxusartikel angeſehen, daß nur der König, ſeine Söhne und durch beſondern Firman dazu bevorrechtete Perſonen ihn ausgraben dürfen. Der See iſt gewöhnlich unter dem Namen Deria Schahi oder der königliche See bekannt, und ſoll zwölf Paraſangen (Stunden) im Umfang haben.“

Sehwinkel heißt der Winkel, den zwei vom Auge aus nach den Endpunkten eines Körpers gehende gerade Linien mit einander machen, aus deſſen Größe man die wirkliche Größe des Gegenſtandes berechnen kann, ſobald die Entfernung deſſelben bekannt iſt. S. d. Art. Geſicht S. 679.

Selbſtverbrennungen lebendiger thieriſcher Körper. Es iſt eine unbeſtreitbare, aber bis jetzt durchaus in ihren Gründen unerforſchte Thatſache, daß lebende thieriſche namentlich menſchliche Körper von ſelbſt ſich entzünden und verbrennen. Brewſter hat eine Anzahl derartiger intereſſanter Fälle wie folgt zuſammengeſtellt. „Daß thieriſche Körper durch inneres Verbrennen zerſtört werden können, war den Alten ſehr wohl bekannt. Mehre Fälle, die als Beiſpiele des freiwilligen Verbrennens angeführt wurden, müſſen als Folgen einer ſtarken elektriſchen Erregung, deren dieſe Perſonen fähig waren, betrachtet werden. Von einem dieſer Fälle berichtet Peter Boviſteau, daß die auf dieſe Art hervorgebrachten Funken die Haare eines jungen Mannes in Aſche verwandelten. Johann de Viana erzählt, daß die Frau des Dr. Freilas, Arzt des Erzbiſchofes von Toledo, Cardinal de Royas, durch die Ausdünſtung einen brennbaren Stoff von ſolcher Beſchaffenheit ausſonderte, daß, wenn das Band, welches ſie über dem Hemde trug, abgenommen und der kalten Luft ausgeſetzt wurde, es ſich ſogleich entzündete und Funken wie Schießpulver ſprühete. Peter Borelli erwähnt einer andern Thatſache ganz ähnlicher Art. Das Leinenzeug eines Bauers fing Feuer; daſſelbe mochte feucht in einen Kaſten gelegt, oder an der freien Luft aufgehängt werden. Derſelbe Verfaſſer erzählt den Fall, daß eine Frau, dem Tode nahe, Flammen auswarf. Thomas Bartholin bemerkt, daß dieſe Erſcheinung ſich öfters bei Menſchen, die Wein oder Branntwein im Uebermaß genießen, ereigne. Ezechiel von Caſtro führt den merkwürdigen Fall von Alexandrinus Megetius, einem Arzte, an, bei dem aus einem ſeiner Rückenwirbel Feuer hervorbrach, welches die Augen der Beſchauer verſengte. Kranzius berichtet, daß während der Kriege Gottfrieds v. Boulogne gewiſſe Leute aus dem Gebiete von Nivers von unſichtbarem Feuer verzehrt wurden; daß einige derſelben ſich die Hand oder den Fuß, wofern daſelbſt das Brennen begann, abſchnitten, um dem Uebel Einhalt zu thun. Dieſe Ereigniſſe beſchränkten ſich nicht bloß auf Menſchen. Währdend des Conſulates von Gracchus und Juventius ſoll eine Flamme aus dem Maule eines Ochſen hervorgekommen ſein, ohne daß das Thier beſchädigt worden wäre.

Der Leſer möge ſelbſt beurtheilen, wie viel Glauben man den hier mitgetheilten Erzählungen ſchenken könne, indem er ſie mit Ereigniſſen vergleicht, die in weniger fabelhaften, ſpätern Zeiten ſtattgefunden haben. Johann Heinrich Cohauſen berichtet, daß ein polniſcher Edelmann zur Zeit der Königin Bona Sforza, nachdem er zwei Gläſer Branntwein getrunken, Flammen auswarf, von denen er verbrannt wurde. Thomas Bartholin beſchreibt ein ähnliches Ereigniß folgendermaßen: „Eine arme Frau zu Paris trank drei Jahre

lang geiſtige Getränke in reichlicher Menge, und genoß außerdem beinahe gar nichts. Ihr Körper nahm eine ſo verbrennliche Disposition an, daß eine Nacht, als ſie auf einer Streu lag, ſie bis auf den Schädel und die Fingerſpitzen zu Aſche verbrannte." Johann Chriſtian Sturm erzählt in den Ephemeriden, daß im nördlichen Europa denen, welche dem Genuß geiſtiger Getränke im Uebermaß ergeben ſind, der Branntwein aus dem Halſe brenne; er fügt hinzu: „daß ſiebzehn Jahre früher drei kurländiſche Edelleute um die Wette Branntwein tranken, und daß zwei von ihnen von einer aus ihrem Magen hervorbrechenden Flamme verbrannt worden und in Folge davon geſtorben wären.

Einer der merkwürdigſten Fälle des freiwilligen Verbrennens iſt der der Gräfin Cornelia Zangari und Bandi von Ceſena, welcher von dem ehrwürdigen Joſeph Bianchini, Canonicus zu Verona, umſtändlich beſchrieben worden iſt Dieſe Dame, welche in dem 62ſten Lebensjahre war, ging bei völligem Wohlbefinden zu Bette. Sie unterhielt ſich hier ungefähr 3 Stunden vertraulich mit ihrem Mädchen, und verrichtete ihr Abendgebet. Da ſie in Schlaf fiel, ſo wurde die Thür des Zimmers verſchloſſen. Als das Dienſtmädchen um die gewöhnliche Zeit nicht gerufen wurde, ſo ging ſie in das Schlafzimmer, um ihre Gebieterin zu wecken; da ſie jedoch keine Antwort erhielt, öffnete ſie das Fenſter, und erblickte jetzt den todten Körper der Gräfin auf dem Fußboden in einem höchſt traurigen Zuſtande. In einer Entfernung von etwa 4 Fuß vom Bette lag ein Haufen Aſche. Die Unterſchenkel, noch mit den Strümpfen bekleidet, waren unverſehrt, und der halb verbrannte Kopf lag zwiſchen denſelben. Faſt alle anderen Theile waren in Aſche verwandelt. Die Zimmerluft war mit fliegendem Ruß erfüllt. Eine kleine Oellampe auf dem Fußboden war mit Aſche bedeckt, allein ohne Oel. Auf zwei Leuchtern, welche auf einem Tiſche ſtanden, befanden ſich die baumwollenen Dochte, das Talg war jedoch verſchwunden. Das Bett war nicht verletzt, die Betttücher und Decke waren zurückgeſchlagen, wie wenn eine Perſon aufgeſtanden iſt. Aus der Prüfung aller Umſtände kam man allgemein zu der Ueberzeugung, daß eine Selbſtverbrennung ſtattgefunden habe, und die Dame aufgeſtanden ſei, um ſich abzukühlen. In dieſer Abſicht ſcheint ſie nach dem Fenſter geeilt zu ſein, allein auf dem Wege dahin ſcheint das Verbrennen ſie überwältigt zu haben, wodurch ihr Körper verzehrt wurde, ohne daß ſich Flamme erzeugte, welche die Umgebungen in Brand zu ſetzen vermocht hätte. Der Marquis Scipio Maffei erfuhr von einem italieniſchen Edelmanne, der wenige Tage nach dieſem Ereigniſſe durch Ceſena reiſte, daß man ihm daſelbſt erzählte, die Gräfin Zangari wäre gewohnt geweſen, wenn ſie ſich unwohl fühlte, ihren ganzen Körper mit Kampherſpiritus zu waſchen.

Im Jahre 1744 ereignete ſich ein ähnlicher Fall einer Selbſtverbrennung zu Ipswich. Eine Fiſcherfrau, Namens Grace Pett, aus dem Kirchſpiele St. Clements, war ſeit mehren Jahren gewohnt, jede Nacht halb angezogen die Treppe herabzugehen, um eine Pfeife zu rauchen. Daſſelbe that ſie am 9. April 1744. Ihre Tochter, die mit

ihr in demſelben Bette lag, war eingeſchlafen, und vermißte die Mutter nicht eher, als beim Erwachen am andern Morgen. Nachdem ſie ſich angezogen hatte, und die Treppe herabgegangen war, fand ſie den Körper der Mutter auf der rechten Seite liegend, mit dem Kopfe gegen den Roſt gekehrt, auf dem Feuerheerde ausgeſtreckt und mit ihren Füßen auf der Diele. Sie ähnelte einem Stücke Holz, welches glimmte ohne zu flammen. Nachdem ſie das Feuer mit zwei Eimern gelöſcht hatte, wurden die durch das Geſchrei der Tochter herbeigerufenen Nachbarn faſt von dem ſich verbreitenden Geruche erſtickt. Der Rumpf der unglücklichen Frau war beinahe in Aſche verwandelt, und glich einem mit weißer Aſche bedeckten Haufen Kohlen. Der Kopf, die Arme, ſo wie die Ober- und Unter-Schenkel waren ſehr verbrannt. Auf dem Roſte fand man keine Spur von Feuer; das Licht war in der Dille des Leuchters, welcher neben ihr ſtand, ausgebrannt. Die Kleider eines Kindes, welche auf der einen Seite neben ihr lagen, ſo wie ein Schirm aus Papier, welcher auf der andern Seite ſtand, waren unverſehrt; auch war der hölzerne Fußboden nicht verſengt, noch mißfarbig. Man ſagte die Frau habe den Abend vorher, um eine Tochter, die kürzlich von Gibraltar zurückgekehrt war, zu bewillkommnen, ein Uebermaß von Branntwein getrunken.

Selen, ein im J. 1817 von Berzelius in den Rückſtänden von der Schwefelſäurebereitung entdeckter Stoff, der wegen ſeines metalliſchen Anſehens in der Regel zu den Metallen gezählt wird, aber übrigens dem Schwefel ſich ziemlich ähnlich verhält. Er findet ſich als röthlicher Niederſchlag verbunden mit Schwefel und vielen Metallen, der ſich in den Bleikammern, bei der Schwefelſäurebereitung mittelſt Verbrennung des Schwefels und Salpeters, abſetzt, ferner als natürliches Vorkommniß im Selenkupfer, Eucairit, den Tellurerzen, und einigen Schwefelkieſen Schwedens, nach neueſten Entdeckungen auch als Selenblei, Selenbleikobalt, Selenbleikupfer, Selenblei-Queckſilber. Gewöhnlich erſcheint reines Selen als eine dunkelbleigraue, metalliſch-glänzende, an den Kanten durchſcheinende Maſſe. Sie iſt bei gewöhnlicher Temperatur feſt und ſpröde, kryſtalliſirt ſchwer auf dem Wege der Sublimation, in Kryſtallen, die dem des Schwefels zu gleichen ſcheinen. Fein zertheilt erſcheint ſie als rothes Pulver. Dabei iſt ſie geruch- und geſchmacklos leicht ſchmelzbar und flüchtig, und Nichtleiter der Elektricität. Spec. Gew. 4,3. Das Selen iſt gleich dem in Waſſer gegoſſenen Schwefel, zähe und dehnbar. Man hat in Folge dieſer Eigenſchaft auf kleine Medaillen aus dieſer Subſtanz zu Ehren des Entdeckers deſſen Bildniß abgedruckt. Der Verbindungen des Selens mit Sauerſtoff ſind vier: 1) Selenoxyd, farblos durchſichtiges Gas, von durchdringendem, rettigähnlichem Geruch, das durch Erhitzung des Selens an der Luft entſteht; 2) die ſelenichte Säure ſublimirt in glänzenden Nadeln von ſäuerlich-brennendem Geſchmack, entwickelt gelbliche, ſtechend ſaure Dämpfe, iſt flüchtig und leicht im Waſſer löslich. Mit den Baſen, zu welchen ſie ſtarke Verwandtſchaft zeigt, bildet ſie die im Waſſer meiſt löslichen, ſelenichtſauren Salze, welche indeſſen, ſo wie

die ſelenichte Säure, durch ſchwefelichte Säure und ſchwefelichtſaure Salze zerlegt werden, wobei ſich Selen ausſcheidet; 3) Selenſäure iſt, ſobald ſie Waſſer hält, tropfbar flüſſig, farblos; die concentrirte von 2,625 ſpec. Gew. Erhitzt man ſie bis 224° R., ſo zerſetzt ſie ſich in Sauerſtoff und ſelenichte Säure. Ihre Verwandtſchaft zum Waſſer, mit dem ſie ſich, wie mit Vitriolöl erhitzt, iſt bedeutend, nicht geringer die zu den Baſen. Sie löſt ſelbſt Gold auf. Durch ſchwefelichte Säure wird ſie nicht zerlegt, dagegen durch Salzſäure in ſelenichte Säure verwandelt, wobei Chlor frei wird. Die ſelenſauren Salze zeigen viel Aehnlichkeit mit den ſchwefelſauren, und gleiche Kryſtalliſation.— 4) Die Hydroſelenſäure, ähnlich der Hydrothionſäure, iſt ein farbloſes Gas, welches reichlich vom Waſſer abſorbirt wird, und Entzündung der Augen, Huſten u. ſ. w. erregt. Dieſe Säure ſchlägt, wie die Hydrothionſäure, mehre Metalle aus ihren Löſungen als Selenmetalle nieder. Auch mit Chlor und andern Körpern verbindet ſich das Selen, welche Verbindungen den analogen Schwefelverbindungen größtentheils nahe kommen.

Sextant, Hadley's, ein nach ſeinem Erfinder benanntes, aſtronomiſches Inſtrument, welches beſtimmt iſt, die Winkel zweier Gegenſtände in jeder Richtung deſſelben gegen den Horizont ſelbſt dann zu meſſen, wenn der Beobachter keinen feſten Stand hat, weßwegen das Inſtrument beſonders für Schiffe brauchbar iſt. Es beſteht im Allgemeinen*) aus einem Kreisſector AqO (Fig. 255.), um deſſen Mittelpunkt q ſich eine Alhidade qM bewegt, welche bei M einen Vernier und bei q einen Spiegel trägt. Die ſpiegelnde Fläche deſſelben geht durch den Mittelpunkt q des Kreisſectors und iſt mittelſt einer Vorrichtung Q auf ſeiner Rückſeite ſenkrecht auf die Ebene des Sectors befeſtigt. Ein anderer kleinerer Spiegel iſt bei P ebenfalls ſenkrecht auf die Ebene des Sextanten und ſo befeſtiget, daß er ſehr nahe parallel mit der Linie qO geht, die den Mittelpunkt q des Sextanten mit dem erſten oder dem Anfangspunkte O des eingetheilten Randes AB verbindet. Wenn daher die Alhidade QM mit ihrem Spiegel q ſo geſtellt wird, daß der Index der Alhidade M durch dieſen Anfangspunkt O der Theilung geht, ſo ſind die Ebenen beider Spiegel zu einander parallel.

Die obere Hälfte des kleinen Spiegels P iſt durchbrochen, ſo daß der Lichtſtrahl von einem entfernten Objecte H durch dieſen offenen Theil des Spiegels unmittelbar in das Auge C oder in das, auf dieſen Spiegel nahe ſenkrecht geſtellte Fernrohr DC kommen kann. Wird nun die Alhidade QM mit dem daran befeſtigten Spiegel q ſo lange gedreht, bis der Strahl eines zweiten Objectes K in der Richtung Kq auf den großen Spiegel kömmt und von demſelben in der Richtung qP auf den untern Theil des kleinen Spiegels P reflectirt wird, von welchem er endlich in der Richtung PC in das Fernrohr oder in das Auge C des Beobachters fällt, ſo ſieht dieſes Auge zugleich das

*) Nach Littrow der Himmel, ſeine Welten ꝛc. Stuttg. 1835.

Object H durch die unmittelbaren Strahlen deſſelben u. das Object K durch die von beiden Spiegeln zweimal reflectirten Strahlen, in dem Felde des Fernrohrs, und man wird dann der Alhidade QM durch ihre Mikrometerſchraube m noch eine kleine Bewegung geben können, durch welche man es dahin bringt, daß die Bilder der beiden Gegenſtände H und K ſich im Felde des Fernrohrs genau decken oder auf einander fallen. Da nun bei jedem Spiegel der einfallende Strahl Kq und der zurückgeworfene qP und eben ſo auch qP und PD mit der Ebene des Spiegels q oder P immer denſelben Winkel bilden und da, wie bereits erwähnt, die Ebene des kleinen Spiegels P mit der Linie qO des Anfangspunktes der Theilung parallel iſt, ſo ſieht man leicht, daß bei einer ſolchen Stellung der Alhidade QM, für welche die Bilder der beiden Objecte H und K ſich in dem Fernrohre decken, der Winkel, welchen beide Spiegel mit einander bilden oder, was daſſelbe iſt, daß dann der Winkel OqM der Alhidade mit jener Linie qO des Anfangspunktes der Theilung d. h. alſo, daß der von dem Vernier M der Alhidade von jenem Anfangspunkte O an durchlaufene Bogen gleich iſt der Hälfte des Winkels, welchen die beiden Objecte H und K in dem Auge des Beobachters bilden.

Aus dieſer Urſache theilen auch die Künſtler den Kreisbogen AB ſo ein, daß jeder halbe Grad dieſes Kreiſes durch ſeine beigeſetzten Zahlen ſchon als ein ganzer betrachtet wird, ſo daß daher der an dem Inſtrumente unmittelbar abgeleſene Bogen auch ſofort gleich dem geſuchten Winkel HCK iſt, welchen die beiden Objecte in dem Auge C des Beobachters bilden.

Dieſe Deckung der beiden Bilder im Fernrohre wird offenbar auch dann nicht geſtört, wenn man den Sextanten um ſein Fernrohr, gleichſam um die Axe CD dreht oder wenn man auch dieſe Bilder aus dem Mittelpunkte des Feldes an den Rand deſſelben führt. Und eben dieß iſt es, was dieſes Inſtrument zur See ſo brauchbar macht, wo man es während der Beobachtung mittelſt der Handhabe E in freier Hand zu halten pflegt, ſo daß ungeachtet der Schwankungen des Schiffes die beiden Bilder der Gegenſtände doch immer in dem Felde des Fernrohrs erhalten werden können. Bemerken wir noch, daß zur Beobachtung der Sonne eigens gefärbte Blendgläſer bei a und b angebracht ſind, die man aufwärts dreht, um das Geſicht gegen die Sonnenſtrahlen durch dieſe Gläſer zu ſchützen, die alſo auch für minder hellleuchtende Gegenſtände wieder zurückgeſchlagen werden.

Um die Winkeldiſtanz zweier Gegenſtände z. B. zweier Thürme oder Geſtirne mit dem Sextanten zu meſſen, halte man das Inſtrument bei ſeiner Handhabe E mit der rechten Hand ſo, daß der eine H dieſer Gegenſtände, durch den obern Theil des kleinen Spiegels P, unmittelbar in dem Fernrohre CD erſcheint, ſo daß alſo die Axe dieſes Fernrohrs in die Richtung CDH des einen dieſer Gegenſtände gebracht wird. Dann drehe man die Fläche des ganzen Sextanten um dieſes Rohr, als um ſeine Axe, ſo lange, bis dieſe Fläche auch durch den andern Gegenſtand K geht, und in dieſer Lage des Sextanten (wo

alſo der erſte Gegenſtand H immer im Felde des Fernrohrs bleibt) bewege man die Alhidade QM ſo lange, bis auch der zweite Gegenſtand K, ſammt dem erſten, im Fernrohre erſcheint. In dieſer Stellung der Alhidade befeſtige man ſie, durch ihre Druckſchraube, an die Fläche des Sextanten und bewege ſie dann mittelſt ihrer Mikrometerſchraube m noch etwas, bis die Bilder der beiden Gegenſtände ſich in dem Felde des Rohrs vollkommen decken. Die Zahl des Theilſtriches, bei welchem dann der Vernier der Alhidade ſteht, gibt den geſuchten Winkel der beiden Gegenſtände H und K.

Wenn man aber nicht die Diſtanz zweier Geſtirne, ſondern die Höhe eines derſelben finden will, ſo braucht man dazu noch einen Horizont, am beſten eine mit Queckſilber gefüllte Schale. Dann richtet man das Fernrohr des Sextanten ſo, daß man damit unmittelbar, durch den oberen Theil des kleinen Spiegels, das Bild des Geſtirns in dieſem Horizonte ſieht, worauf man die Ebene des Sextanten um das Fernrohr, als um eine fixe Axe dreht, bis dieſe Ebene in eine verticale Lage kommt. Hat man dieß erreicht, ſo bewege man, indem man immer das von dem Horizonte reflectirte Bild des Geſtirnes im Fernrohre feſthält, die Alhidade QM ſo lange auf oder ab, bis auch das zweite, von dem großen und dem untern Theile des kleinen Spiegels reflectirte Bild, zugleich mit jenem, in dem Felde des Fernrohrs erſcheint, worauf man wieder die Alhidade durch ihre Druckſchraube feſtſtellt und durch die Mikrometerſchraube m beide Bilder zur genauen Bedeckung bringt. Die jetzt von der Alhidade angegebene Zahl der Theilſtriche iſt die doppelte Höhe des beobachteten Geſtirns.

Um den Queckſilber-Horizont vor dem Luftzuge zu beſchützen, bedeckt man ihn mit einem Dache von zwei Glasplatten, deren Flächen einander genau parallel ſind. Statt des Glaſes wird man ſicherer diejenige Glimmergattung anwenden, die unter dem Namen Frauenglas oder Miroir d'ane bekannt iſt, da dieſe ſchon von der Natur in vollkommen parallele Blätter geſpalten wird. Künſtliche Horizonte, die aus Spiegeln beſtehen und mit Libellen horizontal geſtellt werden, ſind nie ſo ſicher, wie jene natürlichen. Auf dem Meere endlich bedient man ſich zu dieſem Zwecke des Horizontes, d. h. derjenigen Linie, welche die Oberfläche des Meeres von dem Himmel trennt, indem man dieſe Linie mit dem zu beobachtenden Geſtirn im Felde des Fernrohrs zur Bedeckung bringt.

Auch dieſes Inſtrument muß, ehe es zu den Beobachtungen verwendet wird, zuerſt in allen ſeinen Theilen berichtiget ſeyn. Die wichtigſte dieſer Berichtigungen betrifft den ſogenannten Collimationsfehler des Sextanten. Es ſollen nämlich, wie geſagt, beide Spiegel auf der Ebene des Sextanten ſenkrecht ſtehen, und überdieß, wenn die Alhidade auf Null ſteht, einander parallel ſeyn. — Man ſtelle alſo die Alhidade in die Nähe des Nullpunktes der Eintheilung und ſehe durch das Fernrohr auf irgend einen wohl begrenzten Gegenſtand. Mit einer geringen Bewegung der Alhidade wird man dann das unmittelbar durch den oberen Theil des kleinen Spiegels ſowohl, als auch das mittelbar durch den großen Spiegel reflectirte Bild deſſelben Ge-

genſtandes in dem Fernrohre erblicken, worauf man beide, durch die Mikrometerſchraube, zur genauen Deckung bringt. Steht in dieſem Zuſtande die Alhidade nicht auf Null, ſondern z. B. auf 0° 30′ des eingetheilten Randes, auf der Seite von dem Nullpunkte O nach A, ſo muß man von allen mit dem Inſtrumente beobachteten Winkeln dieſe Größe 0° 30′ ſubtrahiren, um den wahren Winkel zu erhalten. Man wird ihn addiren, wenn die Alhidade auf der andern Seite zwiſchen O und B ſtände. Kann man aber bei dieſer Unterſuchung die beiden Bilder deſſelben Gegenſtandes nicht zu einer genauen Bedeckung bringen, ſondern gleiten ſie, wenn man die Alhidade bewegt, neben einander hin, ſo iſt dieß ein Zeichen, daß der kleine Spiegel nicht ſenkrecht auf der Ebene des Sextanten ſteht. In dieſem Falle wird man dann dem kleinen Spiegel durch die unter ihm, auf der hinteren Fläche des Sextanten, hervorſtehende Schraube die gehörige Neigung gegen dieſe Fläche geben, damit er darauf ſenkrecht ſteht, d. h. damit die beiden Bilder in der That zur Bedeckung gebracht werden können.

Beſſer iſt es noch, zur Beſtimmung jenes Collimationsfehlers nicht ein terreſtriſches Object, ſondern die Sonne zu nehmen. Bringt man dann die beiden Bilder derſelben an ihrem ſehr ſcharf begränzten Rande an den entgegengeſetzten Seiten dieſes Randes zur Bedeckung, und lieſt für beide Bedeckungen den Stand der Alhidade ab, ſo iſt die halbe Differenz der beiden Leſungen der Collimationsfehler des Inſtruments, und die halbe Summe derſelben iſt gleich dem Durchmeſſer der Sonne, wodurch man, da dieſer Durchmeſſer aus den aſtronomiſchen Ephemeriden bereits bekannt iſt, zugleich ein Prüfungsmittel hat, ob die beiden Beobachtungen in der That gut und verläßlich ſind.

Sicherheitslampen nennt man Lampen, die ohne Gefahr an feuergefährlichen Orten, namentlich ſolchen, wo entzündliche Gaſe verbreitet ſind, zur Beleuchtung angewendet werden. Am berühmteſten und am meiſten angewendet iſt die Davy'ſche Sicherheitslampe, welche vorzugsweiſe für Bergwerke beſtimmt iſt, in denen ſich explodirende Gasarten finden. Davy machte nämlich die Entdeckung, daß glühende Drähte die brennbaren Gaſe nicht entzünden, und daß die verbrennenden Gaſe durch ein Drahtgeflecht die Entzündung in das umgebende Gas nicht fortpflanzen. Hiernach konſtruirte er die Fig. 256. abgebildete Lampe, eine gewöhnliche Oellampe von cylinderförmiger Geſtalt mit dem Dochte in der Mitte. A iſt das Oelgefäß, a ein oben mit einer Schraube verſchließbares Seitenrohr, k ein Draht, welcher dient den Docht höher oder niedriger zu ſtellen. Oben iſt der Ring bc an die Lampe geſchraubt, welcher drei Eiſenſtäbchen trägt, die oben in einem Haken, an dem die Lampe getragen wird, zuſammenkommen. Das weſentlichſte Stück iſt das an den Ring bc befeſtigte, zwiſchen den Eiſenſtäbchen ſtehende Drahtgeflecht, welches ſeitwärts und oberwärts die Flamme der Lampe umgibt. Man macht dieſe Drahtgeflechte aus Meſſing oder Kupferdraht von 0,025 bis 0,015 engl. Zoll Dicke, ſo daß die Weite der Maſchen nicht mehr als 0,05 engl. Zoll beträgt. Ohnedieß würde die Lampe nicht hinlängliche Sicherheit

gewähren. Auf die Länge eines Zolles kommen 27 bis 30 Oeffnungen. Die Gaſe dringen natürlich ins Innere der Lampe und verbrennen darin, aber die Verbrennung pflanzt ſich nicht fort. Erſt wenn das Gas $\frac{1}{3}$ der geſammten Luftmenge ausmacht, verliſcht die Lampe. In dieſem Falle kann aber auch der Menſch nicht mehr athmen. Wird das Drahtgewebe glühend, ſo kann man es mit Waſſer beſpritzen und dadurch abkühlen. Statt deſſen kann man aber auch über das erſte noch ein zweites Drahtgewebe zu völliger Sicherheit, im Fall das innere Drahtgewebe durchbrennen ſollte, ſtellen. In neueſter Zeit hat Graham die Bemerkung gemacht, daß das Drahtgewebe weit undurchdringlicher für die Flamme iſt, wenn es vor der Anwendung in eine Alkalilöſung getaucht wird, die es zugleich gegen das Roſten ſchützt. Damit der Bergmann auch nach dem zufälligen Erlöſchen der Lampe noch ein hinreichendes Licht beſitze, um ſich aus der Grube herauszufinden, brachte Davy über dem Dochte einen gewundenen Platindraht an, der durch das umgebende explodirende Gas und den aufſteigenden Oeldunſt noch eine Zeitlang nach dem Verlöſchen der Lampe im Glühen erhalten wird und ein ſchwaches Licht gibt. Um auf einzelne Punkte ein ſchärferes Licht werfen zu können, kann man in das Drahtgewebe eine Glaslinſe einſetzen, oder einen kleinen Metallſpiegel anbringen, der das auf ihn fallende Licht zurückwirft. Die Davyſchen Sicherheitslampen ſind faſt allgemein in den Kohlenminen Englands, Frankreichs und der Niederlande mit großem Nutzen eingeführt worden, und für ihre Brauchbarkeit ſpricht ſchon das eine Beiſpiel, daß man mit Hülfe derſelben die Kohlenminen bei Elonges in den Niederlanden wiederbebaut hat, die man der ſchlagenden Wetter wegen hatte verlaſſen müſſen. So ſtark iſt hier die Anhäufung des explodirenden Gaſes, daß während einer einzigen Schicht die ſchlagenden Wetter 150mal im Innern der Lampe ſich entzündeten, ohne daß auch nur einmal die Verbrennung nach Außen ſich fortgepflanzt hätte.

Eine Verbeſſerung erfuhr die Davy'ſche Lampe durch Chevremont. Fig. 257. ſtellt ſeine Lampe dar. Sie weicht nur in folgenden wichtigen Stücken ab. Die Röhre zum Oeleingießen iſt im Innern der Lampe bis auf den Boden geführt und geht dann noch einmal in die Höhe, damit ſich in ihr ſtets Oel befindet, welches die äußere Luft abſperrt. Das obere Ende des Drahtcylinders iſt mit einem kupfernen Cylinder mit feinen Löchern verſehen und der oberſte Deckel beſteht in einer dicken Kupferplatte mit Löchern, welche nicht durchbrennen kann. Damit die Bergleute endlich die Lampe nicht öffnen können, iſt ein Schloß angebracht, ein Regnierſches Combinationsſchloß. Der feine Platindraht hängt bei den Davy'ſchen Lampen vom Drahtgewebe oben herab und kommt deßhalb beim Reinigen des Gewebes oft in Unordnung. Daher umgibt Chevremont die Lampe inwendig mit einem Reif qn (Fig. 258.), von dem ein ſtarker Draht o in die Höhe geht, der umgebogen iſt und den in der Mitte herabhängenden, gewundenen Platindraht pm trägt. Beim Reinigen der Lampe kann auf dieſe Weiſe der Platindraht leicht abgehoben werden. Andere Sicherheitslampen, welche Murray angegeben, gewähren weder die Si-

cherheit der Davy'ſchen Lampe, noch haben ſie Eingang gefunden. Der Nutzen dieſer letzten erſtreckt ſich auf alle Orte, wo entzündliche Gaſe vorkommen, daher auch da, wo Weingeiſt, Schwefelätherdünſte, Leuchtgas verbreitet ſind. Verſuche von **Bleſſon** haben gezeigt, daß auch Pulverſtaub, der auf die Lampe fällt, im Innern der Lampe ſich zwar entzündet, aber die Exploſion nicht fortpflanzt. Jedoch ſind die gemachten Verſuche noch nicht hinlänglich, um eine Anwendung in Pulvermühlen u. dergl. zu geſtatten und dieſer iſt jedenfalls der Umſtand im Wege, daß das Pulver ſich an den glühend gewordenen Drähten entzündet.

Sideroſkop (von dem griech. σίδηρος, Eiſen und σκέπω, ſehen), ein von **Baillif** erfundenes Inſtrument, welches zur Auffindung höchſt ſchwacher magnetiſcher Einwirkungen (daher der Gegenwart von Eiſen) dienen kann. Der weſentliche Theil deſſelben iſt ein Strohhalm von 15½ par. Zoll Länge. Das Stroh muß reif ſein und da es faſt beſtändig gekrümmt iſt, ſo muß man zuvor die Enden des Halmes in ein paar kleine Schraubſtöcke einzwängen, den untern Schraubſtock mit einem Gewicht (4 Pfund) beſchweren, das Stroh befeuchten und dann längs demſelben ein heißes Eiſen hinführen. Der Strohhalm liegt in einem an einem Coconfaden aufgehangenen Steigbügel von Papier, und in jedem Ende des Halmes iſt ein bis zur Sättigung magnetiſirter, kleiner Stahlcylinder von etwa ½ Lin. Durchmeſſer und 18 Lin. Länge eingeſchoben, und zwar ſo, daß die gleichnamigen Pole beider Cylinder nach entgegengeſetzter Richtung gekehrt ſind. Der Strohhalm ſchwebt in einem parallelipipediſchen, mit einer Schiebthüre verſehenen Glasgehäuſe, während der Aufhängungsfaden in einer auf dieſem Gehäuſe aufgeſetzten Glasröhre herabgeht. Die Röhre iſt oben mit einem Propf verſchloſſen, und durch dieſen geht ein Glasſtäbchen, welches mit ſanfter Reibung verſchoben werden kann und an deſſen unterem Ende der Faden befeſtigt iſt. Dieſer Apparat iſt ſo leicht beweglich, daß nach **Gay-Luſſac** ſchon die Wärme der ziemlich entfernt gehaltenen Hand durch die im Innern des Glaskaſtens von der veränderten Temperatur erregten Luftſtröme eine Ablenkung des Halmes bewirken. Daher muß man bei damit anzuſtellenden Verſuchen ſehr vorſichtig zu Werke gehen. Da die kleinen Magnetcylinder eine entgegengeſetzte Richtung ihrer Pole haben, ſo wird, im Fall ſie gleich ſtark magnetiſirt ſind, die Erde keine richtende Kraft auf den Strohhalm äußern können, und folglich wird derſelbe jeder Anziehung oder Abſtoßung aufs leichteſte Folge leiſten können, um ſo mehr, da die Cylinder ſich an langen Hebelarmen befinden. Obgleich faſt unmöglich iſt, beiden Cylindern einen völlig gleichen Magnetismus zu ertheilen, ſo hat man es doch in ſeiner Gewalt, die richtende Kraft des Erdmagnetismus auf beide dadurch völlig zu compenſiren, daß man die ſchwächere Nadel an einem längeren Hebelarme wirken läßt. **Saigey** hat mit dieſem Apparate nicht nur feine Beobachtungen über den Magnetismus verſchiedener Eiſenerze angeſtellt, aus welchen er ſchließt, daß alle Eiſenerze ſchon von Natur einen mit dem Grade ihrer Coercitivkraft (Zurückhaltungskraft, vergl. d. Art. **Mag-**

netismus) in umgekehrtem Verhältniſſe ſtehenden Magnetismus beſitzen, unabhängig von ihrer Lage in der Erde; ſondern er hat auch durch eine etwas abgeänderte Anwendung dieſes Apparates das Reſultat zu finden geglaubt, daß alle Körper in der Natur, wenn ſie einander in der Luft genähert werden, eine gewiſſe Abſtoßung aufeinander äußern.

Silber (Mond der Metalle, Luna, Diana), ein ſeit den älteſten Zeiten bekanntes Metall. Es kommt in der Natur theils gediegen (Haarſilber, geſtricktes Silber), theils vererzt auch in Verbindung mit andern Metallen, wie mit Gold, Queckſilber, Antimon u. ſ. w. vor. Man erhält es im Großen entweder durch das ſogenannte Abtreiben, d. i. Zuſammenſchmelzen ſilberhaltiger Erze mit Blei, wobei das Silber an das Blei tritt, welches dann durch einen Oxydationsproceß wieder geſondert wird, oder durch die Amalgamation, Behandlung der ſilberhaltigen Erze mit Queckſilber, indem man dieſelben zuerſt mit Kochſalz röſtet, wodurch Chlorſilber entſteht, dann dieſes Chlorſilber durch ſtarkes Schütteln mit Queckſilber und Eiſen in Amalgam verwandelt, und endlich durch Entfernung des Queckſilbers mittelſt Deſtillation das reine Silber darſtellt. Auf dieſem Amalgamationswege zieht man das Silber meiſt aus den ärmern Erzen. Im Kleinen kann man ſich völlig chemiſch-reines Silber verſchaffen, wenn man entweder in eine verdünnte Auflöſung von ſalpeterſaurem Silber metalliſches Kupfer hineinlegt, wodurch das Silber ſogleich metalliſch gefällt wird, oder durch Zerlegung einer ſolchen Auflöſung mittelſt Kochſalzauflöſung Chlorſilber darſtellt, welches man durch Glühen mit gebranntem Kalk oder einfach kohlenſaurem Kali oder Natron reducirt. Auch können zur Reduction des Chlorſilbers organiſche kohlenwaſſerſtoffhaltige Subſtanzen, z. B. Harze, dienen. — Das reine Silber iſt weiß, ſchwach ins Gelbliche ſpielend, und ſtark glänzend. Es kryſtalliſirt in Octaedern und Hexaedern; häufig auch baumförmig; klingt, iſt ziemlich hart und elaſtiſch, und nächſt dem Golde das dehnbarſte Metall, ſo daß man es zu den dünnſten Blättchen ſchlagen, und zum feinſten Draht (1 Gran auf 400 Fuß) ausziehen kann. Es ſchmilzt bei ſtarker Rothglühhitze, und zeigt während des Schmelzens die merkwürdige Eigenſchaft, Sauerſtoffgas aus der Luft einzuſaugen, das es dann beim Erkalten wieder fahren läßt. Daher das ſogenannte Spratzen des Silbers. Es verflüchtigt ſich nur bei den höchſten Hitzgraden, im Sauerſtoffgebläſe, im Focus der Brennſpiegel, u. ſ. w. Spec. Gew. 10,474 bis 10,510. — Mit Sauerſtoff verbindet ſich das Silber 1) zu Silberoxyd, ein dunkelbraunes, ins Grünliche ſich ziehendes, geſchmackloſes, im Waſſer unlösliches Pulver, von 7,258 ſpec. Gew.; man erhält es unter andern, wenn man das Silber den Wirkungen der Pole der galvaniſchen Säule ausſetzt, wo es mit ſchönem, ſmaragdgrünem Licht zu Oxyd verbrennt. Dieſes Pulver iſt durch Licht oder Glühhitze in Silber und Sauerſtoff zerſetzbar. Es bildet mit den Säuren farbloſe oder gelbliche, im Waſſer theils lösliche, theils unlösliche Salze, erſtere meiſt von herbem, widerlich metalliſchem Geſchmack, und ätzend giftiger Wirkung. 2) Silberhyperoxyd,

entſteht durch Zerlegung des ſalpeterſauren Silberoxyds mittelſt der Voltaſchen Säule, wobei es am poſitiven Pol in eiſenſchwarzen Nadeln, die den Sauerſtoff leicht wieder fahren laſſen, ſich anſetzt. Ein Gemenge deſſelben mit Phosphor oder Schwefel verpufft durch Stoß lebhaft; in Säuren löſt es ſich unter Sauerſtoffgasentwicklung leicht auf. Mit Stickſtoff iſt Silber verbunden im ſalpeterſauren Silberoxyd (Silberſalpeter, geſchmolzen: Höllenſtein), ein in waſſerhellen, geraden, rautenförmigen und ſechsſeitigen Tafeln kryſtalliſirendes, luftbeſtändiges Salz von äußerſt widerlichem, bitterem, metalliſchem Geſchmack, welches ätzend und giftig wirkt, und in der Hitze leicht zu einer weißen, ſtrahlig-kryſtalliniſchen Maſſe (Höllenſtein) ſchmilzt. Mit Ammoniak verbindet ſich das Silberoxyd zu leicht zerſetzbaren, zum Theil gefährlich leicht verpuffenden Subſtanzen. So erhält man das ſogenannte Berthollet ſche Knallſilber, wenn man reines Silberoxyd mit überſchüſſigem, concentrirtem Ammoniak übergießt, und 12 — 14 Stunden ſtehen läßt. Es bildet ſich dann ein ſchwarzes Pulver, welches, an der Luft getrocknet, außerordentlich leicht, z. B. bei der bloßen Berührung mit Eiſen, und unter der heftigſten Exploſion verpufft. Salpeterſaures Silberoxydammoniak, eine waſſerhelle, ätzende, beim Verdampfen kryſtalliſirende Flüſſigkeit. — Das Silber zeigt zum Chlor bedeutende Verwandtſchaft. Chlorſilber, das natürlich als ſog. Hornſilber, ein graues, grünes oder braunes in regelmäßigen Achtflächen kryſtalliſirtes Mineral von 5,55 ſpec. Gew., vorkommt, wird am leichteſten erhalten, wenn man eine verdünnte Auflöſung des Silbers in Salpeterſäure mit Kochſalzauflöſung verſetzt. Dann zeigt ſich ein weißer, käſiger, hornartig durchſcheinender Niederſchlag, der, auf dem Filtrum geſammelt, im Lichte ſchnell dunkelt, erſt violett, dann ſchwarz wird. Nach Wetzlar ſoll dieſe Schwärzung von einer theilweiſen Entwicklung des Chlor herrühren. Dieſelbe Wirkung auf das Chlorſilber äußern nach ihm auch mehrere ſalzſaure Metalloxyde. Das Chlorſilber wird durch mehre Metalle in Berührung mit Waſſer zerlegt; auch löſt ſich es in wäſſrigem Ammoniak, und in concentrirter Salzſäure auf. Ziemlich löslich iſt es ferner in concentrirter, ſiedender Kochſalzauflöſung, wo beim Erkalten eine Doppelverbindung von Chlorſilber und Chlornatrium anſchießt. Aus der Löſung des Chlorſilbers in Ammoniak entſtehen bei freiwilliger Verdunſtung waſſerhelle, rautenflächige Kryſtalle, welche ſich im Lichte ſchwärzen und ſchon durch Waſſer zerlegt werden. — Man bedient ſich des Chlorſilbers zur Darſtellung des reinen Silbers; auch zur ſogenannten kalten Verſilberung des Meſſings. Zur letzteren nimmt man ein inniges Gemenge von 3 Theilen reiner Pottaſche, 1 Theil Chlorſilber, 1 Theil Kreide und 1 Theil Kochſalz, reibt die vorher mit Trippel polirte, und mit etwas Salzwaſſer befeuchtete Fläche mit etwas von dieſem Pulver ein, und putzt ſie dann wieder mit einem leinenen Lappen ab. Mit Brom und Jod geht das Silber ebenfalls Verbindungen ein. Das Bromſilber, verhält ſich analog dem Chlorſilber, und erſcheint als ein weißer, käſiger Niederſchlag, der beim Trocknen ſchwach gelblich wird, ſich am Lichte ſchwärzt, leicht ſchmelzbar iſt u. beim Erkalten zu einer

gelblichen, hornartigen Maſſe erſtarrt. Es iſt geſchmacklos, in Waſſer, Salpeterſäure und kalter Schwefelſäure unauflöslich, dagegen löslich in concentrirter Hydrobrom- und Salzſäure, auch in concentrirtem wäſſerigem Ammoniak. Aus der Löſung in Hydrobromſäure ſchießt es in kleinen, achtflächigen Kryſtallen an. Das Jodſilber, nach Vauquelin natürlich vorkommend, erhält man auf naſſem Wege, beim Niederſchlagen eines Silberoxydſalzes durch Hydrojodſäure oder hydrojodſaure Salze, wo es als ein gelblichweißer, käſiger Niederſchlag von 5,611 ſpec. Gew. auftritt, der ſich im Lichte ſchnell bräunt, und in der Rothglühhitze ſchmelzbar, unauflöslich in Waſſer und wäſſerigem Ammoniak iſt, wodurch er ſich vom Chlor- und Bromſilber unterſcheidet. Verbindungen des Silbers mit Schwefel ſind zwei bekannt: Schwefelſilber und ſchwefelſaures Silberoxyd. Erſteres kommt theils natürlich vor, als Glanzerz, in dunkelbleigrauen, ſechs- und achtflächigen Kryſtallen, theils wird es künſtlich erhalten, durch Niederſchlagen eines Silberoxydſalzes mit Hydrothionſäure, oder auch nur durch Berührung des Silbers mit atmoſphäriſcher Luft, wo es als braunſchwarzes Pulver oder brauner Ueberzug erſcheint. Es kryſtalliſirt in weißen, glänzenden Nadeln, oder tritt als ein weißes, kryſtalliniſches Pulver auf, welches im Lichte ſchwarz wird, und in 88 Theilen heißen Waſſers löslich iſt, wobei, wenn die Löſung erkaltet, der größte Theil des Salzes herauskryſtalliſirt. Mit Phosphor geht das Silber drei Verbindungen ein: Phosphorſilber, phosphorſaures und pyrophosphorſaures Silberoxyd. Phosphorſilber, eine weiche, ſpröde, kryſtalliniſche und auf naſſem Wege erhaltene, grau abfärbende, durch Druck Metallglanz annehmende Maſſe. Phosphorſaures Silberoxyd (baſiſches), ein gelbes, in Waſſer unlösliches, in Phosphorſäure lösliches Pulver, erhält man beim Niederſchlagen eines Silberoxydſalzes mit einem phosphorſauren Alkali. Das neutrale pyrophosphorſaure Silberoxyd entſteht durch Fällung eines Silberoxydſalzes mit Pyrophosphorſäure, oder einem pyrophosphorſauren Salze, und iſt ein weißes, gleichfalls in Waſſer unlösliches Pulver, leichter ſchmelzbar, als das gelbe baſiſche Salz; es färbt ſich bei Erhitzung vorübergehend braun, im Lichte nur röthlich. Schmelzende Phosphorſäure greift Silbertiegel an. — Mit Arſenik erſcheint das Silber natürlich verbunden, als Schwarzgiltigerz und leichtes Rothgiltigerz. Außerdem erhält man künſtlich arſenichtſaures und arſenikſaures Silberoxyd, erſteres als ein gelbes, letzteres als ein braunrothes Pulver. Die wichtigen Verbindungen des Silbers mit Kohlenſtoff, ſind: kohlenſaures Silberoxyd, ein weißer, am Lichte ſchnell dunkelnder Niederſchlag; Cyanſilber, erſcheint als weißer, käſiger, geſchmackloſer, im Waſſer unlöslicher Niederſchlag, der mit andern Metallen Doppelcyanverbindungen (mit Waſſer verbundene, blauſaure Silberoxydſalze) bildet. Cyanſaures Silberoxyd iſt ein weißes, in kaltem Waſſer unlösliches Pulver, das in der Hitze nicht verpufft, und bei gelinder Erwärmung Cyanſäure liefert. Von gleicher Zuſammenſetzung, aber verſchiedenen Eigenſchaften iſt das knallſaure Silberoxyd (Howard's oder Brugnatelli's Knallſilber), welches man erhält, wenn man einer

Auflöſung von 1 Th. Silber in 12 Th. Salpeterſäure von 1,34 ſpec. Gew., 24 Theile Alkohol von 0,84 ſpec. Gew. zuſetzt, dieſe Miſchung bis zum Kochen erhitzt, und ſobald Trübung entſteht, ohne Erwärmung nach und nach noch 6 Theile Alkohol hinzufügt. Das ſich ausſcheidende Salz wird auf dem Filtrum durch Waſchen mit wenig Waſſer gereinigt, und vorſichtig getrocknet. Dieſes Salz erſcheint in kleinen, zarten, weißen Kryſtallen, die ſich am Lichte ſchwärzen, ſchmeckt höchſt widerlich metalliſch, wirkt giftig, iſt im Waſſer ſchwer löslich und verpufft außerordentlich leicht. — Von den zahlreichen Verbindungen des Silbers mit andern Metallen ſind die wichtigſten: chromſaures Silberoxyd, ein purpur- oder karminrothes Pulver; Antimonſilber, das natürlich als ſilberweiße, in rechtwinkeligen, ſechsſeitigen Säulen kryſtalliſirte Subſtanz, von 9,8 ſpec. Gew. vorkommt, öfters auch mit Arſenikgehalt (Arſenikſilber). Dunkelrothgiltigerz, eine Verbindung von Silber, Antimon und Schwefel. Silber und Eiſen ſchmelzen zwar leicht zuſammen, aber ohne ſich chemiſch zu verbinden, was indeſſen beim Stahle der Fall iſt. Eine geringe Quantität Silber ($\frac{1}{500}$) verleiht dem Stahle eine beſondere Elaſticität und Feſtigkeit. Bekannt und ſehr verbreitet im Gebrauch ſind endlich die Verbindungen des Silbers mit Kupfer und Queckſilber. Letzteres (vorzugsweiſe Amalgam genannt) kommt bisweilen in der Natur in Oktaëdern kryſtalliſirt vor. Das Gemiſch von Silber und Kupfer iſt härter und klingender als das Silber ſelbſt.

Silicium, Kieſel, die Baſis der Kieſelerde, wurde im J. 1824 von Berzelius, als eine dunkelbraune, pulverige Subſtanz dargeſtellt, die, auch mit dem Polirſtahl gerieben, keinen Metallglanz annahm, ſtark abfärbte, unſchmelzbar war, aber bei ſtarkem Glühen in verſchloſſenen Gefäßen etwas zuſammenſinterte und dunkler wurde, unlöslich in Waſſer und Weingeiſt erſchien und ſich ſchwerer als Vitriolöl, ſo wie als Nichtleiter der Elektricität erwieß. — Die wichtigſten Verbindungen des Siliciums mit andern Körpern ſind mit Sauerſtoff: Siliciumoxyd, Kieſelerde (glasachtige Erde, Kieſelſäure) iſt nächſt dem Sauerſtoff vielleicht der verbreitetſte Stoff in der Natur, und erſcheint hier im Mineralreich theils rein als Quarz, Feuerſtein u. ſ. w., theils mit andern Erden und Metalloxyden gemiſcht, im Pflanzenreich in vielen Gräſern, in verhältnißmäßig größter Menge in den Knoten des Bambusrohres, endlich auch, wiewohl in geringſten Mengen, im Thierreich. Die natürlich vorkommende Kieſelerde erſcheint in durchſcheinenden, bis waſſerhellen Kryſtallen, deren Grundform das Rhomboeder iſt; doch kryſtalliſirt ſie am häufigſten in ſechsſeitigen Säulen mit ſechsflächiger Zuſpitzung, auch in doppelten ſechsſeitigen Pyramiden u. ſ. w. Sie iſt ſehr hart, gibt am Stahl Funken und beſitzt ein ſpec. Gewicht von 2,700. Die künſtliche tritt als ein weißes, ſich rauh anfühlendes, der Zunge ſchwach anhängendes, geſchmackloſes Pulver auf, das, für ſich, im ſtärkſten Ofenfeuer unſchmelzbar, nur im Sauerſtoffe und Knallgasgebläſe ſchmilzt. Die Kieſelerde iſt im Waſſer unlöslich, doch verbindet ſie ſich damit chemiſch zu Hydrat.

Dieſes Hydrat findet ſich natürlich, z. B. als Opal. Das künſtliche iſt eine weiße, flockige, gallertartige Subſtanz, die an der Luft getrocknet, ein zartes weißes, 11 Procent Waſſer haltendes Pulver gibt. — Die Verwandtſchaft der Kieſelerde zu den Säuren iſt nur gering; nur auf trocknem Wege verbindet ſie ſich mit einigen feuerbeſtändigen Säuren, wie Phosphorſäure, Boraxſäure u. ſ. w. zu glasartigen Gemiſchen. Verwandter dagegen iſt ſie den Baſen, mit denen ſie zum Theil auf naſſem, lieber aber auf trocknem Wege ſich verbindend, die kieſelſauren Salze bildet, welche, bei vorherrſchender Säure im Waſſer unlöslich, bei vorherrſchender Baſe löslich, faſt alle (leichter oder ſchwerer) ſchmelzbar, und ſämmtlich feuerbeſtändig ſind. — *Chlorſilicium* erhält man als eine farbloſe, tropfbare, ſehr flüchtige Flüſſigkeit, von erſtickendem, Blauſäure ähnlichem Geruch, die etwas ſchwerer als Waſſer iſt, an der Luft raucht und durch Waſſer raſch in Hydrochlorſäure u. Silicium zerlegt wird. *Bromſilicium* iſt eine farbloſe Flüſſigkeit, die ſchwerer als Vitriolöl, an der Luft dicke, weiße Nebel ausſtößt, bei 12° R. gefriert, bei 120° R. kocht und durch Waſſer, auch durch Kalium unter Exploſion zerlegt wird. *Fluorſilicium* iſt ein farbloſes Gas von 3,600 ſpec. Gew., welches ſtark Lackmus röthet, an der Luft raucht und durch Waſſer zerlegt wird. Das Fluorſilicium greift das Glas an, und auf ſeiner Bildung beruht das Aetzen des Glaſes mittelſt Flußſpath und Schwefelſäure. (Eine Glastafel wird mit Wachs beſtrichen, und in dieſes gravirt man die zu ätzenden Theile, überzieht dann dieſe Stellen mit einem Gemenge von Flußſpath und Schwefelſäure, und erwärmt die gravirten Stellen oder läßt die Dämpfe jenes Gemiſches an ſie ſchlagen, ſo erſcheinen ſie matt). Das Fluorſilicium verbindet ſich mit Ammoniak zu *Fluorſiliciumammoniak*, und mit Metallen zu *Fluorſilicium-Metallen*, welche als flußkieſelſaure Salze zum Theil im Waſſer löslich ſind, und ſich bei Erhitzung in Fluormetalle verwandeln, wobei Fluorſiliciumgas entweicht. Mit *Schwefel* verbindet ſich das Silicium zu *Schwefelſilicium*. Dieſe Verbindung erſcheint als eine weiße, erdige Maſſe, welche, unter Entwicklung von Hydrothionſäure und Bildung von Kieſelerdehydrat, Waſſer heftig zerlegt, wobei ſich das gebildete Kieſelerdehydrat im Waſſer in großer Menge auflöſt und eine dickliche Flüſſigkeit bildet.

Sonne, der Fixſtern, um welchen ſich die Erde und die übrigen uns bekannten Wandelſterne bewegen, von welchem dieſelben Licht und Wärme empfangen. Den innigen Zuſammenhang, welcher zwiſchen Sonne und Erde ſtattfindet, kannten die Alten nicht mit der wiſſenſchaftlichen Genauigkeit, wie wir, aber ſie ſahen, daß das Geſtirn des Tages die Mutter alles Lebendigen iſt, denn ohne Licht und Wärme würde alles Leben erſterben, und darum verehrten ſie die Sonne als Bild der Gottheit oder als Gottheit ſelbſt. Oſiris in Aegypten, Baal in Chaldäa, Adonis in Phönizien, Mithra in Perſien, Apollon in Griechenland, bei den Römern Sol genannt, ſind Namen der als Gottheit verehrten Sonne. Die alten Aſtronomen hielten die Sonne

für einen Planeten, indem ſie, dem Scheine glaubend, die Erde für einen fixen Weltkörper annahmen. Durch welche Gründe man ſpäter dahin gekommen, die Sonne als feſtſtehend, die Erde dagegen als bewegt anzunehmen, iſt im Art. Erde geſagt worden.

Im Sonnenſyſtem iſt die Sonne im Brennpunkte der Bahnen aller Planeten- und Kometenbahnen an Größe und Maſſe der größte Weltkörper. Und hierin liegt der Grund ihrer Herrſchaft. Denn die Abhängigkeit, in welcher die Planeten von der Sonne ſtehen, iſt die allgemeine Schwere (ſ. d. Art.) und dieſe iſt die Aeußerung der Maſſe, ſo daß nach dem Geſetze derſelben, wenn zwei Körper durch die Schwere auf einander wirken, das Reſultat ſtets der Art ſein muß, daß es den Anſchein hat, als würde der weniger maſſenhafte von dem mehr maſſenhaften angezogen. Die Maſſe der Sonne iſt 355000mal größer als die Maſſe der Erde, und ſogar noch 700mal größer, als die aller übrigen Körper des Sonnenſyſtems zuſammengenommen. Noch bedeutender vor den Planeten ragt die Sonne durch ihre Größe hervor. Der Durchmeſſer derſelben beträgt 188000 deutſche Meilen, ihre Oberfläche mithin 111,000 Millionen Quadratmeilen und ihr Volumen 3500 Billionen Kubikmeilen.*)

Da die Maſſe der Sonne 355000mal größer, als die der Erde, und das Volumen der Sonne 1300000mal größer als das der Erde iſt, ſo iſt folglich die Dichte der Sonne (gleich Maſſe dividirt durch

*) Zu einer deutlicheren Vorſtellung berechnet Littrow folgende Angabe: Der kleinſte aller unſerer Planeten iſt Veſta. Sein Durchmeſſer beträgt, nach Schröters Meſſungen, nicht einmal ſechzig Meilen. Der Sonnendurchmeſſer iſt alſo über 3100mal größer, als jener der Veſta, alſo iſt auch der körperliche Inhalt oder das Volum der Sonne gegen 30,000 Millionen Male größer als das Volum der Veſta, oder aus der Sonne laſſen ſich mehr als 30,000 Millionen der Veſta gleich große Kugeln machen. Solcher Kugeln aber, wie unſre Erde, würde man über 1,300,000 um einander legen müſſen, um endlich einen Körper, der Sonne am Umfange gleich, zu erhalten. Ja ſelbſt alle Planetenkugeln zuſammengefügt, würden noch nicht den 560ſten Theil der Sonnenkugel an Raum einnehmen. Da aber auch dieſe Zahlen noch immer zu groß ſind, uns eine klare Vorſtellung von der wahrhaft ungeheuren Ausdehnung des Sonnenkörpers zu geben, ſo wollen wir uns denſelben um ſeinen Mittelpunkt ſo weit ausgehöhlt denken, daß die Erde in dieſem Mittelpunkte ſtehen, und um ſie der Mond in ſeiner Entfernung von 50,000 Meilen ſich frei in dieſer Höhle bewegen könne. Da würde doch noch ein nicht ausgehöhlter Rand der Sonne, eine Kugelſchale übrig bleiben, deren Dicke nahe eben ſo groß iſt, als der Halbmeſſer dieſer Höhle ſelbſt. Zu einer ſogenannten Reiſe um die Welt, d. h. um den Umkreis der Erde zurückzulegen, würde ein Wanderer, der täglich zehn deutſche Meilen macht, 540 Tage, zu einer Reiſe um die Sonne aber würde derſelbe 59,160 Tage oder mehr als 160 Jahre brauchen.

Volumen) $= \frac{355000}{1300000} =$ beinahe $\frac{1}{4}$ gegen die Dichte der Erde, d. h. die Sonnenmaſſe iſt nur etwa den vierten Theil ſo dicht als die Erdmaſſe. Dieß gilt jedoch nur ganz im Allgemeinen, nämlich für die Annahme, daß die Sonnenmaſſe durchaus gleichmäßig vertheilt wäre, welches jedoch ganz gewiß nicht der Fall iſt, wie auch auf der Erde eine ſolche gleichmäßige Vertheilung der Dichte nicht ſtattfindet. Sie kann ſchon darum nicht vorhanden ſein, weil die Schwere der Sonne wie jedes kugelähnlichen Körpers nach dem Mittelpunkte zu ſich concentrirt und folglich die näher am Mittelpunkte liegenden Schichten der Sonnenmaſſe von allen über ihnen liegenden Schichten mit ungeheurer Gewalt zuſammengepreßt werden, daher gewiß dichter als dieſe ſind. Da die Schwere, wie ſie auf jedem einzelnen Weltkörper auftritt, von der Maſſe deſſelben abhängt, ſo muß ſie bei der Sonne ſehr bedeutend ſein. Die Schwere äußert ſich im Fall der Körper und zwar ungeſtört und ohne Modification im freien Fall. Bekanntlich fallen die Körper auf der Erde in der erſten Secunde des Falls durch 15 par. Fuß; auf der Sonne, wie man berechnet hat, 430 F., d. h. nahe 29mal tiefer, als auf der Erde. Da nun mit der Fallgeſchwindigkeit auch das Gewicht der Körper zuſammenhängt (ſ. Fall, freier), ſo folgt hieraus, daß jeder auf der Erde 100 Pfund wiegende Körper auf der Sonne ein Gewicht von 2900 Pf. d. i. beinahe 30 Centner haben würde.

Von der Oberfläche der Sonne wiſſen wir durch directe Beobachtung nur wenig, weil die Sonne zu entfernt iſt, als daß auch unſere beſten Fernröhre ſie um ſo viel näher zu rücken vermöchten, daß wir, wie etwa auf dem Monde und der Venus, Berge und Thäler zu erkennen vermöchten. Aus dem Anblick der Sonne geht aber ſchon hervor, daß ihre Oberfläche wohl viel anders als die der Planeten ſein möge. Die älteſte und ſich zunächſt darbietende Anſicht iſt, daß die Sonne in einem großen Verbrennungsproceſſe begriffen ſei, welcher Licht und Wärme derſelben erzeuge. Hieraus könnte man die Beſorgniß ſchöpfen, daß ſich endlich die Sonne ganz aufzehren möchte. Dagegen ſpricht, daß man noch keine Verminderung ihres Durchmeſſers hat wahrnehmen können. Allein der Sonnenkörper iſt ſo gewaltig groß, und ſo weit entfernt, daß man die Abnahme durch die Verbrennung, auch wenn ſie wirklich ſtattfände, doch kaum in Jahrtauſenden mit den beſten Fernröhren bemerken könnte. Bei der Beobachtung des ſcheinbaren Sonnendurchmeſſers bleiben wir mit den beſten Fernröhren noch um etwa eine Secunde im Ungewiſſen.*) Hiernach hat man berechnet, daß wenn der wahre Durchmeſſer der Sonne in Folge der Verbrennung auch jährlich um 1 Fuß kleiner würde, ſo würde der ſcheinbare Sonnendurchmeſſer doch erſt in 12000 Jahren um etwa 2 Sec. kleiner geworden

---

*) Eine berechenbare Ungewißheit über den ſcheinbaren Durchmeſſer der Sonne ergibt ſich aus der Irradiation (ſ. d. Art. Mond S. 724.). Man nimmt an, daß der Sonnendurchmeſſer um 6 bis 7 Sec. größer erſcheine, als ohne Irradiation der Fall ſein würde.

ſein. De ganze Annahme von einer Verbrennung der Sonne, durch welche Licht und Wärme erzeugt würden, erſcheint jedoch falſch, wie aus der einfachen Betrachtung hervorgeht, daß die Wärme mit dem Erheben übe: die Erdoberfläche nicht bedeutender wird, ſondern vielmehr ſchwächer, ſo daß die Wärme nicht ſowohl von der Sonne herkommt, ſondern durch die Sonnenſtrahlen nur aus dem Erdkörper ausgeſchieden wird; und auch das Licht, welches von dem Sonnenkörper ausſtrömt, braucht keine Verminderung deſſelben zur Folge zu haben, da das Licht ſelbſt nicht etwas maſſenhaftes, ſondern am Ende nur eine Bewegung, ein Erzittern eines den Raum erfüllenden Aethers iſt. Vergl. d. Art. **Licht** und **Wärme**.*)

---

*) **Littrow** führt folgende Gründe an, welche dafür ſprechen ſollen, daß die Temperatur auf der Oberfläche der Sonne ſelbſt ungemein groß ſei.

I. „Das Licht ſowohl als die radiirende Wärme nimmt, unſern Beobachtungen zufolge, in demſelben Maße ab, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt, ſo daß es z. B. in der Entfernung von 2, 3, 4 . . Meilen nur mehr $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{16}$ . . von dem iſt, was es in der Entfernung von einer Meile beträgt. Wenn nun die durch die Sonnenſtrahlen auf unſerer Erde erregte Hitze ſo bedeutend iſt, wie ſtark muß ſie auf der Oberfläche der Sonne ſelbſt auf für ſie gleich empfängliche Körper wirken. Mann kann durch Rechnung zeigen, daß die Hitze, welche die Sonne z. B. auf eine Quadratmeile ihrer eigenen Oberfläche ausübt, über 300,000mal größer iſt, als diejenige, welche ſie auf eine eben ſo große Stelle der Oberfläche unſerer Erde äußert. Unſere Brenngläſer ſind weit entfernt, eine ſo große Hitze zu erzeugen, oder die Strahlen der Sonne 300,000mal zu verdichten, und doch kann man in den Brennpunkten dieſer Gläſer Gold, Platina und ſelbſt Diamanten ſchmelzen und zerſtören.

II. Unſere künſtlichen oder irdiſchen Feuer ſenden bekanntlich ihre Strahlen deſto leichter durch das Glas, je größer, je intenſiver dieſe Feuer ſind. Ein zweimal ſo ſtarkes Feuer ſchickt auch zweimal ſo viele Strahlen durch daſſelbe Glas. Nun gehen aber die Strahlen der Sonne mit einer ganz beſondern Leichtigkeit durch das Glas. Mit dem ſogenannten Actinometer, einem unſerer verläſſigſten phyſiſchen Inſtrumente, fand der jüngere **Herſchel**, daß von je 1000 Wärmeſtrahlen der Sonne 816 durch eine Glasplatte von 1 $\frac{1}{2}$ Linie Dicke gehen, und daß von 1000 bereits durch eine ſolche Platte gegangenen Strahlen wieder 860 noch ſtark genug ſind, durch eine zweite, eben ſo dicke Glasplatte zu gehen. Unſere irdiſchen Feuer ſind ſämmtlich weit entfernt, ſolche Leichtigkeit des Durchgangs zu zeigen, ſie ſtehen daher auch wahrſcheinlich dem Feuer der Sonne an Intenſität eben ſo weit nach.

III. Wenn man eine Lichtkerze, eine brennende Fackel, ja ſelbſt das lebhafteſte irdiſche Feuer zwiſchen das Auge und die Sonne hält, ſo verſchwinden ſie gleichſam für unſern Blick, weil ſie von dem viel intenſiveren Sonnenlichte abſorbirt werden. Das Licht des ſogenannten indiſchen Weißfeuers oder das des ungelöſchten Kalkes blendet unſere Augen und gehört zu dem lebhafteſten Feuer, das wir hervorbringen können, und doch bemerken wir es kaum auf dem noch viel hellern Hintergrunde der Sonne.“

Die einzigen aber höchſt intereſſanten Beobachtungen, di man auf der Oberfläche der Sonne ſelbſt gemacht hat, ſind die ſogenannten **Sonnenflecken** und **Sonnenfackeln**, jene ſind Stelln, die ſich durch Lichtmangel, dieſe ſolche, die ſich durch Lichtfülle auszeichnen.

Wenn man die Oberfläche der Sonne*) durch ein Fernrohr betrachtet, das zur Schützung des Auges mit einem gefärbten Planglaſe verſehen iſt, ſo bemerkt man auf ihr häufig größere oder kleinere, meiſtens ſehr unregelmäßige dunkelſchwarze Flecken mit einem aſchfarbenen, gewöhnlich überall gleich breiten Rand eingefaßt. Dieſe Flecke verändern meiſtens ihre Geſtalt und ſelbſt zuweilen ihren Ort auf der Sonne. Wenn man ſie von Stunde zu Stunde verfolgt, ſo ſieht man ſie an Umfang wachſen oder kleiner werden, verſchiedene Geſtalten annehmen, aus einander brechen und gleichſam zerreißen und wieder zuſammenfließen und oft ſelbſt gänzlich verſchwinden. In dem letzten Falle, wenn der Flecken ſich unſerm Auge ganz entzieht, wird immer zuerſt der ſchwarze Centralpunkt allmählig kleiner und verſchwindet lange vor dem aſchgrauen Rande. Der ganze Anblick dieſer Erſcheinung ſcheint auf einen flüſſigen Zuſtand der Oberfläche der Sonne und auf ſehr heftige Bewegungen zu deuten, die auf ihr vorgehen. Diejenigen unter ihnen, welche längere Zeit ohne beträchtliche Veränderungen ihrer Form dauern, — und man ſieht zuweilen ſolche, die man nach vier und ſechs Wochen wieder deutlich als dieſelben erkennen kann, — zeigen im Allgemeinen folgende Erſcheinungen. Man ſieht die eigentlichen ſchwarzen Flecken in einer meiſtens länglichen Geſtalt an den linken oder öſtlichen Rand der Sonne eintreten und ſich von da langſam gegen den weſtlichen Rand bewegen, den ſie gewöhnlich am dreizehnten Tage nach ihrer erſten Erſcheinung erreichen, und dann eben ſo lange unſichtbar werden, bis ſie am Ende dieſer Periode wieder an der frühern Stelle des öſtlichen Randes hervortreten. Je näher ſie dem Mittelpunkte der Sonne kommen, deſto breiter ſcheinen ſie zu werden, während ſie an den beiden Rändern der Sonne ſehr ſchmal ſind. Da ſie ſich alle mit nahe derſelben Geſchwindigkeit von Oſt gen Weſt auf der Sonnenſcheibe bewegen, ſo können ſie nicht ſolche Körper ſein, wie unſere Wolken, die von den Winden nach allen Seiten und mit verſchiedener Geſchwindigkeit bewegt werden. Sie können auch keine eigenen Himmelskörper ſein, die die Sonne umkreiſen, wie etwa der Mond die Erde, weil ſie am Rande der Sonne immer ſchmäler, als in dem Mittelpunkte derſelben erſcheinen. Sie müſſen alſo der Oberfläche der Sonne ſelbſt angehören und in derſelben ſich aufhalten, und die bemerkte Bewegung derſelben von Oſt gen Weſt kann nur von einer Bewegung der Sonne ſelbſt kommen, die auf der uns abgewendeten Seite von Weſt gen Oſt vor ſich geht und die daher dieſe Körper auf ihrem Wege um den Mittelpunkt der Sonne mit ſich führt. — Dieſe Flecken ſind zuweilen ungemein groß. **Tobias Mayer** ſah am 15. März 1758 einen ſolchen Flecken, der nach ſeinen Beobachtungen den zwanzigſten Theil des Sonnendurchmeſſers, alſo 90 Ge-

*) Das Folgende nach **Littrow**.

cunden betrug. Der wahre Durchmeſſer deſſelben hatte alſo 9000 deutſche Meilen, war demnach fünfmal größer als der Durchmeſſer unſerer Erde. Der ältere Herſchel ſah im Jahre 1779 einen ſchon mit bloßen Augen bemerkbaren Flecken, von dem das größere Stück, denn er beſtand aus mehren hart an einander liegenden Theilen, 70 Secunden, und das Ganze 270 Secunden im Durchmeſſer betrug. Der wahre Durchmeſſer dieſes Fleckens hatte alſo 27,000 deutſche Meilen, oder er war 15mal größer, als der Durchmeſſer der Erde, und ſeine Oberfläche betrug über 730 Millionen Quadratmeilen. Wenn ein ſolcher Flecken in der Zeit von drei Wochen verſchwinden ſoll, ſo müſſen die Ränder deſſelben täglich einen Weg von 1400, und in jeder Stunde einen Weg von 58 Meilen zurücklegen, alſo die Geſchwindigkeit unſerer heftigſten Stürme mehr als achtmal übertreffen. Man ſieht ſchon daraus, welche Revolutionen auf der Oberfläche der Sonne vorgehen mögen. Es ſcheint aber, daß dieſe Flecken zuweilen noch viel größer ſind, als die erwähnten. So erzählt Abulfaradge in ſ. Hist. Dynast., daß i. J. 535 das Licht der Sonne durch 14 Tage verdunkelt war, und daß i. J. 626 die Hälfte der Sonnenſcheibe durch längere Zeit ganz ſchwarz erſchien. Bemerken wir noch, daß man die oben erwähnten Fackeln, oder die hellſtreifigen Stellen der Sonne immer nur in der Nähe der Flecken ſieht, und daß oft mitten aus dieſen Fackeln ſehr dunkle Flecken hervorbrechen, ſo wie im Gegentheile wieder an denſelben Stellen, auf welchen frühere Flecken verſchwunden ſind, häufig Fackeln zu erſcheinen pflegen. Die Meinungen der Aſtronomen waren lange darüber getheilt, was dieſe Flecken ſind. Zuerſt glaubte man, daß es opake Auswürfe, gleichſam Schlacke oder Sonnenvulkane wären. Andere, wie Scheiner, hielten ſie für dunkle Planeten oder Satelliten der Sonne, die ſich, ſo wie Merkur und Venus, nur in geringeren Entfernungen um die Sonne bewegen. Man wollte daher dieſen Planeten auch beſondere Namen geben. So nannte ſie der Aſtronom Tarde die lunas Borbonicas, und Maupertuis die sidera austriaca, weil ſie Scheiner, ein öſterreichiſcher Jeſuit, entdeckt haben ſollte. Galilei, dem vorzüglich ihre Veränderlichkeit auffiel, hielt ſie für Wolken, die in der Sonnenatmoſphäre ſchwimmen, Andere endlich waren der Anſicht, daß das die Sonne bedeckende Lichtmeer einer Art von Ebbe und Fluth unterworfen ſei, durch welche zuweilen die unteren Gegenden, Theile jenes Meeresbodens, oder auch früher bedeckte Berge, bloß gelegt werden. Man ſieht, daß dieſe Meinungen keiner umſtändlichen Widerlegung bedürfen. Die letzte Anſicht beſonders ſchien demungeachtet ſelbſt Lalande ſehr annehmbar, obſchon er einige Modificationen an dieſelbe angebracht hatte. Er hält dieſe Flecken für Bergſpitzen, die über die Lichtſphäre der Sonne ſich zu erheben ſcheinen, wenn die letzte ſich zuweilen gegen den Mittelpunkt herabzieht. Die oben erwähnte graue Einfaſſung erklärt er dadurch, daß dieſes Lichtmeer, wo es den Berg berührt, in größeren Entfernungen von dem Gipfel, allmählig tiefer wird, und immer weniger von dem an ſich dunkeln Berge durchſchimmern läßt. Allein dagegen ſpricht die ganz gleichförmige Schattirung des oft ſehr breiten Randes, die doch,

wenn jene Erklärung richtig wäre, nur allmählig lichter werden müßte, ſo wie auch die ſcharfe Begrenzung der beiden Seiten dieſer Ränder. Der ältere Herſchel ſuchte dieſe Erſcheinungen durch eine dreifache Kugelſchale zu erklären, die den ebenfalls kugelförmigen, aber an ſich dunklen Körper der Sonne umgeben ſoll. Nach ſeiner Darſtellung beſteht die erſte oder äußerſte ſphäriſche Umgebung der Sonne aus einem Lichtmeer (Photoſphäre), welche durch eine zweite, unter ihr liegende, äußerſt elaſtiſche und transparente Umgebung immer in einer großen Höhe über der Sonne erhalten wird. Unter dieſer zweiten liegt endlich eine wolkenartige, dunkle Schichte. Durch die Revolutionen, welche auf der oberſten Lichtſphäre vor ſich gehen, und die ſich auch den beiden andern, tiefer liegenden Einhüllungen der Sonne mittheilen, durch die heftigen Schwankungen, denen dieſes Lichtmeer ausgeſetzt iſt, trennt es ſich zuweilen an einzelnen Stellen, wo es gleichſam Riſſe bekömmt. Durch die Höhlen, die auf dieſe Weiſe in der höchſten Sonnenſchichte entſtehen, und um welche ſich die Lichtmaterie dieſer Schichte gleichſam in Wänden aufthürmt, durch dieſe Höhlen dringen nun die Strahlen der leuchtenden Wände, erhellen dadurch, nachdem ſie durch die transparente zweite Hülle ungehindert durchgedrungen ſind, die unterſte, dunkle Wolkenſchichte, und bilden auf dieſe Weiſe jenen aſchgrauen Rand. Da dieſe Spalten oder Riſſe, wie geſagt, meiſtens allen drei Umgebungen der Sonne gemeinſchaftlich ſind, ſo wird dadurch auch der unterſte Körper, der eigentliche Kern der Sonne, unſern Augen bloßgelegt, aber dieſer kann von den erwähnten lichten Wänden der oberſten Lichtſphäre nicht mehr beleuchtet werden, weil er von den ihm zunächſt liegenden Wolken der dritten oder unterſten, dunklen Schichte beſchattet wird, wodurch alſo die eigentliche ſchwarze Stelle des Fleckens erzeugt wird — Dieſe Erklärung thut den Erſcheinungen, ſoweit wir ſie kennen, allerdings genug, und ſie wird daher auch als die beſte und ſinnreichſte (?) von allen, die man bisher aufgeſtellt hat, angeſehen.*)

*) Ueber die Geſchichte der Entdeckung der Sonnenflecken ſagt Littrow folgendes. „Die Ehre der erſten Entdeckung der Sonnenflecken, die bald nach der Erfindung der Fernröhre ſtatt hatte, ſcheint dem Engländer Harriot zu gehören. Baron Zach ſah in den hinterlaſſenen Papieren dieſes Aſtronomen Beobachtungen von Sonnenflecken, die mit dem 8. December 1610 anfingen. Allein dieſe Beobachtungen blieben, wenigſtens auf dem Feſtlande Europa's, ſehr lange unbekannt. Der berühmte Arzt Averroes von Cordova, der im zwölften Jahrhunderte lebte, hat wohl der erſte einen großen Sonnenflecken mit freien Augen geſehen, aber die Sache erregte keine Aufmerkſamkeit und hatte um ſo weniger Folge, als er, obſchon mit Unrecht, dieſen Flecken für den Planeten Merkur hielt. Das erſte Werk, welches über dieſen Gegenſtand erſchien, iſt das des Joh. Fabricius Phryſius (eines Friesländers) unter dem Titel: De maculis in sole observatis. Wittemberg. 1611. Er erzählt, daß er eines Morgens einen ſchwarzen, auf der einen Seite grauen Flecken in der Sonne bemerkt, und den-

Wenn dieſe Flecken in der That mit der Oberfläche der Sonne, auf irgend eine Weiſe, wenigſtens auf einige Zeit, in feſter Verbindung ſtehen, ſo kann man ſich ihrer als eines Mittels bedienen, die Umdrehung der Sonne um ihre Achſe, und zugleich die Lage dieſer Achſe im Weltraume, zu beſtimmen. Auch hat man dieſen Verſuch ſehr bald nach der Entdeckung der Sonnenflecken gemacht, und die Sonne war auch unter allen Himmelskörpern der erſte, deſſen Rotation man auf

---

ſelben anfangs für eine Wolke gehalten habe. Nachdem er ihn aber wiederholt an demſelben Tage, und mit verſchiedenen Fernröhren, immer an derſelben Stelle gefunden hatte, fing er an, an der wolkenartigen Natur dieſer Erſcheinung zu zweifeln. Bald darauf erhob ſich die Sonne ſchon zu ſehr über den Horizont, und man konnte ſie, ohne Beſorgniß für ſeine Augen, nicht mehr anſehen. Nicht ohne Furcht brachte er die folgende Nacht zu, da ihn der Argwohn, daß es nur eine vorübergehende Wolke ſein könnte, noch immer nicht ganz verlaſſen hatte. Deſto größer war ſeine Freude, als er am folgenden Morgen ſeinen Gaſt wieder, und beinahe an derſelben Stelle der Sonnenſcheibe erblickte. Jetzt ließ er die Sonnenſtrahlen durch eine kleine Oeffnung ſeines Fenſterladens, in einem verfinſterten Zimmer, auf eine weiße Tafel fallen, und konnte auf dieſe Weiſe das Bild der Sonne und des Fleckens auf dieſer Tafel den ganzen Tag durch beobachten. Er bemerkte bald, daß der Flecken ſich von Oſt gen Weſt langſam fortbewege. Auch kamen in den nächſten Tagen noch mehre andere Flecke zu dem erſten, die alle dieſelben Erſcheinungen zeigten. Etwas ſpäter verſchwand der erſte Flecken an dem weſtlichen Rande der Sonne, und nach etwa zwei Wochen ſah er ihn an dem öſtlichen Rande wieder eintreten. Er ſchloß daraus mit Recht, daß dieſe Flecken ſich um der Sonne Mittelpunkt bewegen. Seine Freude über dieſe Entdeckung wurde dadurch etwas vermindert, daß er die Veränderlichkeit der Geſtalt dieſer Flecken, ja ſogar ihr völliges Verſchwinden in der Mitte der Sonnenſcheibe bemerkte, und daß alſo dieſe Flecken keine permanenten Körper ſind. Demungeachtet zieht er aus ſeinen Beobachtungen mit Recht den Schluß, daß die Sonne ſich um ſich ſelbſt drehen müſſe, wie dieß ſchon Jordan Bruno (der i. J. 1600 wegen ſeiner zu liberalen religiöſen Geſinnungen lebendig verbrannt wurde), und ſpäter auch Kepler behauptet hatte. Der bereits erwähnte Jeſuit, Chriſtoph Scheiner aus Schwaben, ſuchte die Entdeckung der Sonnenflecken ſich zu vindiciren. Sein Werk, Rosa Ursina, welches die Beobachtungen dieſer Flecken enthielt, erſchien aber erſt i. J. 1630 zu Bracciano in Italien. Er ſoll den erſten Flecken zu Ingolſtadt, wo er Profeſſor war, im März 1611 geſehen und ihn ſeinen Zuhörern gezeigt haben. Die Nachricht davon verbreitete ſich, wie er ſagt, ſehr ſchnell, und er wurde von mehren Freunden dringend erſucht, ſeine Entdeckungen bekannt zu machen, allein er wurde daran durch die Betrachtung gehindert, daß die Sache zu neu und mit den Grundſätzen der Philoſophie ſeiner Zeit nicht im Einklange erſcheinen möchte. Flecken oder Fehler in der Sonne

dieſe Weiſe erkannt und beſtimmt hat. Man bemerkte bald, daß die Wege, welche dieſe Flecken auf der Sonnenſcheibe beſchreiben, in verſchiedenen Jahreszeiten auch eine verſchiedene Geſtalt und Krümmung haben. Am Ende des erſten Drittheils des Junius und des Dezembers erſcheinen ſie als gerade Linien; in allen andern Jahreszeiten ſind ſie krumme Linien, und zwar wenden ſie ihre erhabene oder convexe Seite ein halbes Jahr gegen Nord oder aufwärts, und die folgenden ſechs Monate gegen Süd oder abwärts. Ihre ſtärkſte Krümmung nach oben haben ſie im Auguſt, und nach unten im Februar. Endlich bemerkte man noch, daß die Zeit zwiſchen zwei nächſten Durchgängen der Flecken durch denſelben öſtlichen oder weſtlichen Rand der Sonne nahe 27 Tage betrage. Dieſe Beobachtungen reichen ſchon hin, uns mit den Umſtänden der Rotation der Sonne um ihre Axe wenigſtens im Allgemeinen bekannt zu machen. Wenn die Sonne ſich um eine Axe

---

zu ſehen, ſchien allen bisher gehegten Ideen von dieſem Geſtirne, dem Sinnbilde der höchſten Reinheit, zu widerſprechen. Demungeachtet wollte er es endlich wagen, ſeine Beobachtungen öffentlich mitzutheilen, aber ſein Provinzial, Theodor Buſäus, ein peripatetiſcher Zelot, hielt ihn davon zurück. — Demungeachtet konnte Scheiner nicht ganz ſchweigen, und gab daher ſeinem Freunde Belſer, Bürgermeiſter von Augsburg, im Dezember 1611 in drei Briefen, von ſeiner Entdeckung Nachricht, welche Briefe denn der letzte im Januar 1612 unter dem angenommenen Titel: Apelles post tabulam drucken ließ. Auch Galilei hatte dieſe Flecken ſchon im Anfange des Jahres 1611, alſo nahe gleichzeitig mit Fabricius geſehen, und darüber ſogleich ſehr richtige Anſichten aufgeſtellt. Später entwickelte ſich ein heftiger Streit zwiſchen Galilei und Scheiner, indem der erſte den andern des Plagiats beſchuldigte, und behauptete, die Sonnenflecken vor allen zuerſt geſehen zu haben. Wie dieß auch ſein mag, Scheiner hat wenigſtens die Sonnenflecken mit fortgeſetztem Fleiße beobachtet. Sein Werk enthält 774 Folioſeiten, die ganz dieſen Beobachtungen gewidmet ſind, und man ſieht, daß er auch die Theorie dieſer Flecken, und ihre Bewegungen richtig aufgefaßt hatte. Galilei lobte ihn früher ſelbſt wegen ſeines hohen und ſeltenen Talents, und Hevel, dem in dieſer Sache wohl ein Urtheil zuſtand, nennt ihn einen Mann incomparabilis et omnigenae eruditionis, qui hac in re omnibus palmam praeripuit. Scheiner beobachtete die Sonnenflecken unausgeſetzt, von dem Jahre 1618 bis 1627, durch neun Jahre, und reducirte alle ſeine Beobachtungen auf die Ekliptik. Es wäre ſehr zu wünſchen, daß man unter den vielen Flecken, die oft in kurzer Zeit erſcheinen, nur wenigſtens einen herausfinden könnte, der weder ſeine Geſtalt, noch ſeinen Ort auf der Sonnenſcheibe beträchtlich änderte, und den man durch mehrere Revolutionen mit Genauigkeit verfolgen könnte. Aber Flecken dieſer Art ſcheinen ſehr ſelten zu ſein. Derjenige, den man unter allen bisher geſehenen noch am längſten beobachten konnte, war der vom Ende des Jahres 1676, welchen Caſſini durch volle 70 Tage alſo durch nahe drei volle Revolutionen verfolgte.

dreht, ſo müſſen alle Punkte ihrer Oberfläche, alſo auch die Sonnenflecken, Kreiſe beſchreiben, deren Ebenen auf dieſer Axe ſenkrecht ſtehen, und deren Mittelpunkte alle in dieſer Axe liegen müſſen. Von dieſen Kreiſen wird derjenige, der durch den Mittelpunkt der Sonnenkugel geht, oder der gleichweit von den beiden Polen der Axe entfernt iſt, der größte ſein, und wir werden ihn daher, analog mit der Erde, den Sonnenäquator nennen können. Dieſer größte Kreis der Sonne, und ſomit auch alle andern, mit ihm parallelen Kreiſe der Sonnenflekken, wird nun den Beobachtern auf der Erde unter verſchiedenen Geſtalten erſcheinen können, I. als eine gerade Linie, wenn wir nur ſeine Kante ſehen, oder wenn die Ebene des Sonnenäquators mit der Ekliptik zuſammenfällt. II. Als ein eigentlicher Kreis, wenn unſere Geſichtslinie auf dem Sonnenäquator ſenkrecht ſteht, oder wenn der Sonnenäquator gegen die Ekliptik, unter einen Winkel von 90 Graden geneigt iſt, und endlich III. als eine Ellipſe, wenn wir den Sonnenäquator nur ſchief ſehen, oder wenn er eine Neigung gegen die Ekliptik hat, die größer als Null und kleiner als 90° iſt. Der letzte dieſer drei Fälle iſt der, in welchem ſich die Erde in Beziehung gegen die Sonne befindet. Wir ſehen die an ſich kreisförmigen Bahnen der Sonnenflecken im Allgemeinen als Ellipſen, alſo müſſen ſie, und daher auch der, ihnen allen parallele Aequator, in einer, gegen unſer Auge, ſchiefen Lage ſtehen. Da aber unſer Auge ſelbſt ſich, ſammt der Erde, um die Sonne bewegt, ſo kann jene Lage gegen uns eine veränderliche ſein, ſelbſt wenn, wie es ſehr wahrſcheinlich iſt, die Lage des Sonnenäquators gegen die feſte Ekliptik, ebenfalls feſt und unveränderlich wäre. Da dieſer Aequator, deſſen Ebene man ſich, wie eine endloſe Tafel, nach allen Seiten unbegrenzt verlängert denken kann, mit der Ebene der Ekliptik, in welcher ſich die Erde bewegt, nicht zuſammenfällt, ſo wird die Erde, während ihrer Bewegung um die Sonne, ein halbes Jahr über, und eben ſo lange unter dieſen Aequator, und nur zwei Augenblicke im Jahre wird ſie in der Ebene dieſes Aequators ſelbſt ſich aufhalten müſſen. In dieſen beiden letzten Momenten werden uns demnach die Bahnen der Flecken als gerade Linien erſcheinen müſſen, und da dieß, wie geſagt, am 10. Junius und am 10. December geſchieht, wo die Länge der Erde, von der Sonne geſehen, 258 und 78 Grade beträgt, ſo muß die durch die Sonne gehende Knotenlinie des Sonnenäquators mit der Ekliptik auch dieſelbe Länge haben. Kennt man aber einmal dieſe Durchſchnittslinie beider Bahnen, ſo wird man durch einige leichte geometriſche Beobachtungen auch bald den Winkel finden, unter welchem dieſe Bahnen gegen einander geneigt ſind. Man ſieht, daß die Beobachtung der größten Krümmungen jener Curven, im Februar und Auguſt, dazu vorzüglich geſchickt ſein wird. Auf dieſe Weiſe hat man gefunden, daß die Länge des aufſteigenden Knotens des Sonnenäquators mit der Ekliptik 258 Grade, und daß die Neigung dieſer beiden Ebenen etwas über 8 Grade beträgt, wodurch nun die Lage des Sonnenäquators im Weltraume vollkommen beſtimmt iſt.

Noch iſt die Beantwortung der Frage übrig, in welcher Zeit ſich die Sonne um ihre Axe bewegt. — Wir haben bereits geſehen, daß

die Zeit zwiſchen den zwei nächſten Erſcheinungen oder Verſchwindungen eines Fleckens an dem Sonnenrande 27 Tage beträgt. Dieß iſt aber noch nicht die wahre Rotationszeit der Sonne, denn da die Erde in ihrer jährlichen Bewegung in 27 Tagen auch nahe 27 Grade zurücklegt, ſo muß der Flecken in 27 Tagen nicht bloß den ganzen Umfang der Sonnenkugel, nämlich nicht bloß 360 Grade, ſondern noch 27 Grade mehr zurückgelegt haben, um das zweitemal am öſtlichen Rande der Sonne zu erſcheinen, ſo daß man daher die Proportion hat: $387^\circ : 360^\circ = 27$ T. : x T. oder, da x gleich $25,_{12}$ Tage iſt, ſo beträgt auch die Umlaufszeit der Sonne um ihre Axe 25 Tage und nahe 3 Stunden.

Man hat von einem Einfluß der Sonnenflecken auf die Witterung geſprochen, der aber bis jetzt auf wiſſenſchaftliche Weiſe nicht hat nachgewieſen werden können.

Ueber **Sonnenfinſterniß** ſ. d. Art. **Mond** S. 727; ſo wie über die ſcheinbare Bahn derſelben die Art. **Ekliptik** und **Schiefe der Ekliptik**.

Sonnenuhren heißen Inſtrumente, welche dienen mit Hilfe des Schattens, den ein dem Lichte der Sonne ausgeſetzter Stab, Stift oder Stiel wirft, die wahre Zeit nach der gewöhnlichen Stundeneintheiung zu beſtimmen. Nach dem Augenſchein bewegt ſich der ganze Himmel während jedes Sterntages einmal um die feſtſtehenden Erde herum. Stände die Sonne am Himmel ſtill, ſo würde auch dieſe während jedes Sterntages um die ruhende Erdaxe die ganze Peripherie eines Kreiſes zurücklegen. Stellen wir uns nun hinter der Erde auf der der Sonne entgegengeſetzten Seite irgend eine ebene oder krumme, aber feſte und unveränderliche Fläche vor, ſo wird der Schatten, welchen die von der Sonne beleuchtete Erdaxe hinter ſich wirft, auf dieſe Ebene fallen und auf ihr eben ſo gleichmäßig ſich fortbewegen, wie die Sonne mit allen Fixſternen regelmäßig um die Erdaxe herumgeht, und ſo oft dieſe Sonne in allen folgenden Tagen von dem Meridian eines beſtimmten Beobachtungsortes wieder dieſelbe Entfernung, d. h. ſo oft die Sonne wieder denſelben Stundenwinkel hat, ſo oft wird auch der Schatten der Erdaxe wieder dieſelbe Stelle auf jener Fläche einnehmen, ſo daß, wenn man nur einmal weiß, welche Stelle er für 1, 2, 3... Uhr einnimmt, man künftig auch immer umgekehrt aus dem Orte des Schattens auf die ihm entſprechende Tageszeit wird ſchließen können. Bliebe, wie vorausgeſetzt wurde, die Sonne ſtets gleich einem Fixſtern an demſelben Orte am Himmel, ſo würde der Erdſchatten in angegebener Weiſe die verſchiedenen Stunden des Sterntages (ſ. d. Art. **Zeit**) anzeigen. Dieß iſt aber nicht der Fall, denn die Sonne ſteht bekanntlich nicht ſtill unter den Fixſternen, ſondern bewegt ſich täglich nahe einen Grad gegen Oſten und zwar nicht alle Tage mit derſelben, ſondern eigentlich mit einer veränderlichen Geſchwindigkeit. Aber wenn dieſes auch der Fall iſt, ſo wird doch der Schatten der Erdaxe noch immer ſeinen täglichen Weg auf jener Fläche zurücklegen, und er wird auch auf derſelben immer wieder dieſelbe Stelle einnehmen, ſo oft dieſe

wahre Sonne dieſelbe Stelle gegen den Meridian des Beobachtungsortes einnimmt, d. h. ſo oft die wahre Sonne, in dem Laufe eines jeden künftigen Tages wieder denſelben Stundenwinkel hat. Der Schatten der Erdaxe auf jener Fläche wird alſo nicht mehr wie vorhin die Sternzeit, ſondern er wird den Stundenwinkel der wahren Sonne, d. h. er wird die wahre Zeit angeben.

Jene angenommene Ebene hinter der Erde gibt es aber nicht und es iſt auch unmöglich, eine ſolche zu conſtruiren, aber eine einfache Betrachtung lehrt, wie man dieſelbe auf eine leichte Weiſe erſetzen kann. Der Halbmeſſer unſerer Erde beträgt, (vergl. d. Art. Erde S. 286.), 859 deutſche Meilen; der Halbmeſſer der Erdbahn aber, oder mit andern Worten, die mittlere Entfernung der Sonne von der Erde hat 20658000 M. Die letzte iſt alſo über 24000 größer, als die erſte. Die ganze Erde iſt alſo nur als ein ſehr kleiner Körper, nur als ein beinahe verſchwindender Punkt gegen jene hohle Himmelskugel anzuſehen, in deren Oberfläche ſich die Sonne aufhält. Wollten wir uns z. B. dieſe beiden Kugeln in ihrem wahren Verhältniſſe durch ein Modell darſtellen, in welchem der Durchmeſſer der kleineren, der Erde, einen Schuh beträgt, ſo müßten wir dem Durchmeſſer der größeren, der Himmelskugel, einen Durchmeſſer von 24000 Fuß, alſo von mehr als einer deutſchen Meile geben, da ſchon 22842 p. Fuß auf eine ſolche Meile gehen. Alſo würde auch eine ſo kleine Kugel von nur einem Schuh im Durchmeſſer, wenn wir hinter ihr eine feſte Fläche anbringen, oder wenn wir ſie vor der erſten Wand eines Hauſes oder vor dem Dache eines Thurmes u. ſ. w. aufſtellen, uns ganz dieſelben Dienſte leiſten, wie jener vorhergehende zu große, und darum für uns unmögliche Apparat, wenn nur, was allerdings hier Hauptſache iſt, die Axe dieſer kleinen Kugel, wofür hier irgend ein durch ihren Mittelpunkt gehender, und zu beiden Seiten verlängerter Stift genommen werden kann, mit der großen Weltaxe genau parallel gelegt wird. Wegen der ſo geringen Größe der Erde gegen die ungemeine Entfernung der Sonne kann man nämlich, ohne allen merklichen Fehler, annehmen, daß die Sonnenſtrahlen, obſchon ſie eigentlich aus der Sonne divergent ausgehen, auf alle Punkte der Erde in unter ſich parallelen Richtungen auffallen, und daß es daher, in Beziehung auf unſere Abſicht, gleichviel iſt, auf welchem Punkte der Oberfläche der Erde man dieſe Axe anbringt, wenn man ſie nur mit der wahren Axe der Erde vollkommen parallel ſtellt, ſo daß alſo auch jene kleine Kugel, von der wir ſo eben geſprochen haben, ganz überflüſſig wird, indem ſchon ein einfacher, der Erdaxe paralleler Stift genügt, um dieſen unſern Endzweck zu erreichen, nämlich um durch den Schatten eines ſolchen Stifts, den er auf eine hinter ihm ſtehende, ebene oder krumme Fläche wirft, die wahre Zeit in jedem Augenblicke anzugeben.

Es bleibt hiernach nur übrig: 1) einen Stift ſo zu ſtellen, daß er der Erdaxe parallel iſt, und 2) auf einer hinter dieſem Stifte ſtehenden Fläche die Orte des Schattens dieſes Stiftes für jeden Augenblick der wahren Zeit anzugeben. Wir nehmen zunächſt an, jene Ebene

ſei horizontal (liege parallel dem Horizonte des Beobachtungsortes); dann iſt es leicht, den Stift in die der Erdaxe parallele Richtung zu ſtellen. Die Erdaxe macht nämlich mit dem Horizonte eines jeden Ortes auf der Oberfläche der Erde einen Winkel, der gleich der Polhöhe oder, was daſſelbe iſt, der gleich der geographiſchen Breite dieſes Ortes iſt, welche letzte man bekanntlich aus jeder guten Karte des Landes, in welchem jener Ort liegt, nehmen kann. Für Wien z. B. iſt die geographiſche Breite 48° 12′ 35″. Sey alſo ABDE (Fig. 259.) die erwähnte horizontale Tafel. Man ziehe in ihr, durch irgend einen willkührlichen Punkt C, die zwei unter ſich ſenkrechten Linien AB und DE und befeſtige in dem Punkte C der Tafel einen geradlinigen Stift CP über dieſer Tafel ſo, daß er mit den beiden Linien CD und CE einen Winkel von 90 Graden, mit der Linie CA aber einen Winkel von 48° 12′ 35″ macht, ſo wird dieſer Stift der Erdaxe parallel ſtehen, ſobald man die horizontale Tafel ſo ſtellt, daß die Linie CA genau nach Nord, alſo auch CD nach Oſt, CE nach Weſt und CB endlich nach Süd gerichtet iſt, ſo daß alſo die Linie ACB die Mittagslinie des Ortes darſtellt. — Einfacher wird ſich dieſer Stift noch ſo in ſeine gehörige Lage ſtellen laſſen. Man bilde ſich z. B. aus Carton oder Metallblech ein bei G rechtwinkliges Dreieck CGP, deſſen einer Winkel bei C gleich der Polhöhe des Ortes, alſo in unſerem Beiſpiele, gleich 48° 12′ 35″ iſt, und ſtelle dann dieſes Dreieck ſenkrecht auf die Ebene der Tafel ſo, daß der Scheitel C deſſelben in den oben gewählten Punkt C der Tafel, und daß die Seite CG des Dreiecks in die oben gezogene Linie CA der Tafel fällt. In dieſer Lage wird die größte, oder die dem rechten Winkel G gegenüberſtehende Seite CP die wahre Lage des Stiftes angeben, ſo daß man alſo, bei dieſer Stellung des Dreiecks, den Stift nur in die Richtung der Seite PC des Dreiecks bringen, und in dieſer Lage an der Tafel befeſtigen kann.

Um nun auf der Tafel die Linien zu finden, in welche der Schatten des Stiftes fallen muß, wenn es 1, 2, 3... Uhr wahre Zeit iſt, kann man folgendes geographiſches Verfahren vornehmen. Nachdem man, wie zuvor, durch einen willkührlich gewählten Punkt C der Tafel die beiden unter ſich ſenkrechten Geraden AB und DE gezogen hat, ziehe man nun, ebenfalls in der Ebene dieſer Tafel, die Linie CQ ſo, daß ſie mit der Linie CA einen Winkel ACQ gleich der Polhöhe des Ortes bilde. Man nehme dann in dieſer Linie CQ irgend einen, ebenfalls willkürlichen Punkt P und errichte in dieſem Punkte P auf die Linie CQ eine Senkrechte, welche die Linie AC in dem Punkte H ſchneiden ſoll. Durch dieſen Punkt H ziehe man eine auf AC ſenkrechte, alſo mit DE parallele Gerade D′E′. Man nehme ferner in der Linie AC von dem Punkte H aus die Linie HO genau ſo groß, als jene Senkrechte HP war, und ziehe aus dem ſo beſtimmten Punkte O, als aus dem Mittelpunkte, mit irgend einem willkührlichen Halbmeſſer, z. B. mit dem Halbmeſſer OH, den Halbkreis MHN. Theilt man dann die Peripherie dieſes Kreiſes von dem Punkte H aus, zu beiden Seiten deſſelben, in ſechs gleiche Theile, und zieht durch die Theilungspunkte a, b, c.. die Halbmeſſer Oa, Ob, Oc... und ver-

längert dieſelben, bis ſie die oben erwähnte Gerade D'E' in den Punkten a', b', c'... ſchneiden, ſo hat man nur dieſe Punkte a', b', c'... mit dem oben gewählten Punkte C durch die geraden Linien Ca'XI, Cb'X, Cc'IX u. ſ. w. zu verbinden, um die geſuchten Schattenlinien zu erhalten, auf welche nämlich der Schatten des Stiftes, der auf die oben erwähnte Weiſe in der Tafel befeſtiget wurde, in den Augenblicken fallen wird, wann es 11, 10, 9.. Uhr wahre Zeit Morgens iſt. Eben ſo erhält man auf der andern Seite von AC die Schattenlinien für 1, 2, 3... Uhr Abends, und wenn man die Peripherie des Halbkreiſes MHN, ſtatt wie zuvor in 12, genau in 24 oder in 48 gleiche Theile theilt, ſo erhält man auch die Schattenlinien für die Halben- und Viertel-Stunden zwiſchen jenen bereits gefundenen ganzen. Hat man die Tafel groß genug gewählt, ſo wird man ſelbſt noch kleinere Theile der Stunde mit Sicherheit auf ihr eintragen können. — Eine ſolche Sonnenuhr wird eine Horizontaluhr genannt, weil ſie auf eine horizontale Tafel verzeichnet iſt. Stellt man in der That dieſe Tafel mittelſt einer Libelle genau horizontal, und die Linie AC in die Richtung der Mittagslinie, ſo daß C auf der Nordſeite liegt, ſo wird der Schatten des Stiftes CP oder CQ, ſo oft er von der Sonne beſchienen wird, auf der bezeichneten Tafel die wahre Zeit angeben.

Obſchon die angeführte Verzeichnung einer ſolchen Uhr von Jedermann leicht ausgeführt werden kann, ſo gibt es doch noch eine einfachere Art, eine Horizontaluhr zu conſtruiren. Beide Methoden beruhen im Grunde auf der Auflöſung von zwei ebenen Dreiecken, durch die man ohne Mühe findet, daß die Tangente des Winkels ACa' oder ACb'.. der Schattenlinie Ca' oder Cb.. mit der Mittagslinie CA der Uhr für jeden gegebenen Stundenwinkel der Sonne, gleich iſt der Tangente dieſes Stundenwinkels multiplicirt mit dem Sinus der Polhöhe des Ortes, in welchem man die Sonnenuhr errichten will. Sucht man z. B. den Winkel ACM oder ACN für den Stundenwinkel von 30°, oder von 2 Stunden vor oder nach dem Mittage für die Polhöhe von 30°, ſo findet man die Tangente von 30° gleich 0,57735 und den Sinus von 50° gleich 0,76604. Beider Product gibt, 0,44227 für die Tangente des geſuchten Winkels ACM, welcher Winkel daher gleich 23° 51' 31'' iſt, und ſo fort für alle übrigen Stundenwinkel. Hat man ſo viele Winkel ACa', ACb'.. für alle einzelnen Stundenwinkel berechnet, ſo wird man ſie mittels des ſogenannten Transporteurs an die Seite CH rechts und links von derſelben auf die Tafel auftragen, und die Sonnenuhr wird vollendet ſein.

Die Rechnung, welche hier nöthig, kann man ſich mit Hilfe der nachſtehenden im Voraus berechneten Tafel erſparen.

Iſt nämlich wieder CDE (Fig. 260.) die oben erwähnte horizontale Tafel, ſo ziehe man, wie dort, durch den willkührlichen Punkt C die Gerade CA und darauf ſenkrecht die Linie DAE. In der Linie CA errichte man, ſenkrecht auf die Tafel, das Dreieck GCP, deſſen Winkel bei C gleich der Polhöhe iſt, und befeſtige dann, in dem Punkte C, nach der Richtung der Seite CP den Stift CQ. Endlich theile man die gerade Linie CA in 1000 gleiche Theile, und trage dann auf

der Linie DAE, zu beiden Seiten von A, ſo viele dieſer Theile auf, als die folgende Tafel für jeden Stundenwinkel angibt, wodurch man die Punkte a, b, c.. und a′, b′, c′.. erhält, die, mit C verbunden, die geſuchten Schattenlinien Ca, Ca′, Cb, Cb′.. der Horizontaluhr geben. Wollte man alſo eine ſolche Uhr, z. B. für Weimar errichten, ſo wird man, da die geographiſche Breite dieſer Stadt 51° beträgt, von den 1000 gleichen Theilen der Linie CA, 208 von A nach a und nach a′ tragen, um die Schattenlinien für die erſte Stunde vor und nach Mittag zu erhalten. Nimmt man eben ſo Ab = Ab′ = 449 ſolcher Theile, ſo erhält man die Schattenlinien für 10 Uhr und für zwei Uhr nach dem Mittage, und ſo fort für alle übrigen Stunden und Unterabtheilungen derſelben.

Nachſtehende Tafel umfaßt ganz Deutſchland und iſt bis auf Viertelſtunden berechnet.

Polhöhen.

Stunden.	45°	46°	47°	48°	49°	50°	51°	52°	53°	54°	55°
0 St. 0 M.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	40	47	48	49	49	50	51	52	52	53	54
30	93	95	96	98	99	101	102	104	105	106	108
45	141	143	145	148	150	152	155	157	159	161	163
1 0	189	193	196	199	202	205	208	211	214	217	219
15	240	244	248	252	256	260	264	267	271	275	278
30	293	298	303	308	313	317	322	326	331	335	339
45	349	355	361	366	372	378	383	389	394	399	404
2 0	409	415	422	429	436	442	449	455	461	467	473
15	472	481	489	497	504	512	519	526	534	541	547
30	543	552	561	570	579	588	596	605	613	621	629
45	620	631	641	652	662	672	681	691	700	709	718
3 0	707	719	731	743	755	766	777	788	799	809	819
15	806	820	834	847	861	873	886	899	911	922	934
30	921	937	953	968	984	998	1013	1027	1041	1054	1067
45	1058	1076	1094	1112	1129	1146	1163	1179	1195	1211	1226
4 0	1225	1246	1267	1287	1307	1327	1346	1365	1383	1401	1419
15	1434	1459	1483	1507	1530	1553	1576	1598	1619	1640	1661
30	1707	1737	1765	1794	1822	1849	1876	1902	1928	1953	1978
45	2083	2119	2154	2189	2223	2257	2289	2321	2353	2383	2413
5 0	2639	2684	2729	2773	2817	2859	2900	2940	2981	3019	3057
15	3555	3616	3677	3736	3794	3851	3907	3962	4015	4067	4118
30	5371	5464	5555	5645	5733	5819	5903	5985	6066	6145	6222
45	10788	10975	11158	11338	11515	11688	11857	12023	12184	12343	12498

Für 6 Uhr Morgens oder Abends iſt die Entfernung des Durchſchnittspunktes der Schattenlinien mit der Linie DAE, von A an gezählt, unendlich groß, d. h. dieſe Schattenlinie fällt in die durch C mit DE parallel gezogene Linie VI, VI. Will man dann noch die

übrigen weiter gegen Morgen oder gegen Abend fallenden Schattenlinien auf der Tafel verzeichnen, ſo wird man nur die bereits erhaltenen Schattenlinien rückwärts über C hinaus verlängern. So gehört z. B. die Schattenlinie C.IX für 9 Uhr Morgens, alſo auch ihre Verlängerung auf der anderen Seite von C für 9 Uhr Abends, und eben ſo wird die Linie C.III verlängert die Schattenlinie für 3 Uhr Morgens geben, wo man dieſe Linien offenbar nicht weiter fortſetzen wird, als die größte halbe Tageslänge des Orts beträgt.

Schwieriger wird es ſein, eine Sonnenuhr für jede beliebige gegen den Horizont geneigte oder krumme Fläche zu conſtruiren. Dieſe Sonnenuhren haben mit der horizontalen Sonnenuhr nur dieß gemein, daß ihr Stiel immer mit der Erdaxe parallel ſein muß. Mit Hilfe einer guten Horizontaluhr kann man aber jede beliebig gerichtete Sonnenuhr leicht herſtellen. Zu dieſem Zwecke wird man die bereits verfertigte, und zur größeren Genauigkeit in einem bedeutenderen Maßſtabe ausgeführte Horizontaluhr auf einen feſten Tiſch unmittelbar vor jener Fläche z. B. vor jener Wand bringen, auf welcher man die neue Uhr verzeichnen will. Auf dieſem Tiſche ſtellt man dann die Tafel der Horizontaluhr, mittelſt einer Libelle, horizontal, und überdieß die Linie CA (Fig. 259. und 260.) genau in die Mittagslinie, ſo daß der Punkt C nach Süd und der Punkt A genau nach Nord ſteht. Am einfachſten wird man dieß letzte, wenn man nicht ſchon eine verläßliche und genaue Pendel- oder Taſchenuhr hat, erreichen, wenn man mit Hilfe des Gnomons den Augenblick bemerkt, wo der Schatten der verticalen Stange auf das ſchon durch frühere Beobachtungen bekannte Zeichen des Mittags fällt, und wenn man, in dieſem Augenblicke, die immer horizontale Tafel der Uhr ſo dreht, daß der Schatten ihres Stiftes CQ genau auf die Schattenlinie CA der zwölften Stunde der Horizontaluhr fällt. In dieſer Lage iſt alſo die Horizontaluhr auf ihrem Tiſche vollkommen orientirt. Verlängert man nun, etwa durch einen geſpannten Faden den Stiel CQ der Horizontaluhr, bis dieſer Faden die Wand, auf welche die neue Uhr verzeichnet werden ſoll, in einem Punkte R trifft, ſo wird man in dieſem Punkte R der Wand einen Stiel, z. B. eine Stange von Eiſen ſo befeſtigen, daß er dem geſpannten Faden genau parallel wird. Da ſonach dieſer Stiel auch der Weltaxe parallel iſt, ſo wird er der Stiel der neuen Uhr ſein. Auf dieſelbe Weiſe, wie man den Stiel der Horizontaluhr verlängert hat, wird man aber auch die Schattenlinien derſelben verlängern können, indem man nämlich den in C (Fig. 259. u. 260.) befeſtigten Faden von ſeiner erſten Lage CQ abhebt, und ihn in die Lage CA, Ca′, Cb′ . . der Schattenlinien der Horizontaluhr für 12, 11, 10 Uhr u. ſ. f. bringt, ihn in dieſer Lage ſpannt, und die Punkte r, r′, r″ . . der Wand bemerkt, in welchem der ſo geſpannte Faden die Wand trifft. Verbindet man dann dieſe Punkte r, r′, r″ . . der Wand mit dem vorigen Punkte R derſelben durch die geraden Linien Rr, Rr′, Rr″ . ., ſo erhält man ſofort auch die Schattenlinien der neuen Uhr für 12, 11, 10 . . Uhr und ſofort für jede andere Stunde des Tages.

Dieß ſetzt voraus, daß die Wand, auf welcher die neue Sonnenuhr verzeichnet werden ſoll, eine Ebene, z. B. die ſenkrechte Wand eines Hauſes oder die ebene Fläche irgend eines Daches iſt, denn nur dann werden ſchon zwei Punkte wie R und r oder wie R und r′ u. ſ. f. hinreichen, die gerade Linie, d. h. die Schattenlinie der Uhr zu beſtimmen. Iſt aber dieſe Wand eine krumme Fläche, z. B. die Oberfläche eines cylindriſchen oder kegelförmigen Gebäudes, ſo ſind die Schattenlinien einer ſolchen Wand nicht mehr gerade, ſondern ebenfalls krumme Linien, zu deren Verzeichnuug jene zwei Punkte nicht mehr hinreichen. Allein in dieſem Falle kann man ſich eines ſehr einfachen Mittels bedienen, dieſe krummen Schattenlinien unmittelbar zu finden. Dieſes Mittel läßt ſich auch eben ſo bequem und ſicher zugleich bei ebenen Wänden anbringen, und es hat noch den Vortheil, daß man die neue Sonnenuhr ſelbſt ohne Hilfe der Sonne oder zur Nachtzeit verzeichnen kann. Dieſes Mittel beſteht in einer Lampe, deren Licht man in einer beträchtlichen Entfernung von der Horizontaluhr aufſtellt. Am beſten wird man eine ſolche Lampe wählen, die ihr Licht nicht durch ein gewöhnliches Fenſterglas, ſondern durch eine Glaslinſe ſchickt, in deren Brennpunkte die Flamme der Lampe ſteht. Dann werden nämlich die von der Flamme auf die Linſe fallenden Strahlen, nach der Brechung durch dieſe Linſe, unter ſich parallel auf die Horizontaluhr treten, wie dieß auch mit den Strahlen der Sonne der Fall iſt, und man wird daher eine ſolche Lampe auch ganz nahe an die Horizontaluhr halten können, um den Schatten des neuen Stils auf der krummen Wand deſto deutlicher zu ſehen. Hält man nun dieſe Lampe ſo, daß der Stiel CQ der Horizontaluhr nach und nach auf die Schattenlinien CA, Ca′, Cb′ . . derſelben für 12, 11, 10 . . Uhr fällt, ſo wird auch der Schatten des neuen Stiels auf der krummen Wand diejenigen krummen Linien angeben, auf welche der Schatten dieſes neuen Stiels, wenn er von der Sonne beſchienen wird, um 12, 11, 10 . . Uhr fallen wird, und ſofort für alle übrigen Stunden des Tages, ſo daß man alſo nur, für jede jener Lagen der Lampe, den Schatten des neuen Stiels auf der krummen Wand, ſeiner ganzen Länge nach, anzeichnen darf, um ſofort auch die entſprechenden Schattenlinien der neuen Sonnenuhr zu erhalten.

Sonnenwenden, Wendepunkte, Sonnenſtillſtandspunkte, (lat.) Solſtitialpunkte, heißen die zwei Punkte der Ekliptik, welche zwiſchen den Nachtgleichen (ſ. den Artikel) mitten inne liegen, und zwar heißt der am höchſten über dem Aequator in der nördlichen Hemiſphäre liegende Punkt der Sommerwendepunkt, der andere der Winterwendepunkt. Sie ſind von einander 180° und von den Nachtgleichen 90° entfernt, in denen Ekliptik und Aequator ſich ſchneiden. Der Bogen des durch ſie gelegten größten Kreiſes, welcher ſenkrecht auf der Ekliptik und auf dem Aequator ſteht, iſt die Schiefe der Ekliptik (ſ. d. Art.). Dieſer größte Kreis ſelbſt heißt der Kolur der Solſtitien. Dieſe Punkte haben ihren Namen daher, weil die Sonne, wenn ſie in der Ekliptik bis zu dem Sommerwendepunkte nördlich gegangen iſt, von dieſem

Punkte an ſüdlich nach dem Aequator zurückgeht, ſich alſo wendet. Eben ſo geht ſie bis zum Winterſolſtitium ſüdl. u. wendet ſich dann wieder nördl. In dieſen beiden vom Aequator entfernteſten Punkten geht der Bogen der Ekliptik dem Aequator beinah parallel, daher ſcheint die Sonne in dieſen Punkten (d. 21. Juni und 22. Dec.) angelangt, in ihrer Bewegung gegen den Aequator auf einige Zeit ſtill zu ſtehen, und die Wendepunkte heißen daher auch Sonnenſtillſtandspunkte. Die beiden Kreiſe, welche parallel mit dem Aequator durch beide Wendepunkte gehen, heißen die **Wendekreiſe**. Wenn die Sonne im nördlichen Solſtitialpunkte ſteht, ſo hat die nördliche Halbkugel der Erde den längſten Tag und die ſüdliche Halbkugel die längſte Nacht, wogegen die Sonne im ſüdl. Wendepunkte dort die längſte Nacht, hier den längſten Tag erzeugt.

Spannkraft, Federkraft, Schnellkraft, Elaſticität iſt die Eigenſchaft der Körper, nach welcher ſie in ihren frühern Zuſtand der Ausdehnung zurückkehren, wenn die Urſache aufgehoben wird, welche ihre Geſtalt oder ihr Volumen veränderte. Die Luft iſt vollkommen elaſtiſch, denn wenn man eine zur Hälfte mit Luft erfüllte Blaſe zuſammendrückt, ſo geht ſie immer wieder in ihren früheren Zuſtand zurück, ſobald man aufhört ſie zu drücken; ebenſo geht der Kolben des pneumatiſchen Feuerzeugs (ſ. d. Art. **Feuerzeug** S. 432.), wenn man ihn heruntergedrückt hat, trotz der ſtarken Reibung von ſelbſt zurück, weil die zuſammengedrückte Luft mit Gewalt ſich ausdehnt. Gleiches findet bei allen Gaſen ſtatt, mit derſelben Kraft, mit welcher ſie zuſammengedrückt werden, ſtreben ſie ſich auch auszudehnen, und darum werden die Gaſe **elaſtiſche Flüſſigkeiten** genannt. Auch die (tropfbaren) Flüſſigkeiten ſcheinen von den Drucken, denen ſie ausgeſetzt werden, keine bleibenden Eindrücke zu behalten; ſie nehmen ihr Volumen in dem Augenblicke wieder ein, wo die Wirkſamkeit der drückenden Urſachen aufhört. Unter den feſten Körpern gibt es keinen, welcher eine gleiche Elaſticität beſäße, wie die Flüſſigkeiten. Der Kautſchuck oder Gummi Elaſticum hat wahrſcheinlich unter allen feſten Körpern die meiſte Elaſticität, und doch kann durch lang anhaltende oder öfters wiederholte Drucke ſeine Geſtalt verändert werden. Zu den am meiſten elaſtiſchen feſten Körpern gehört das Elfenbein, auf welcher Eigenſchaft die Anwendung deſſelben zu Billardbällen beruht, denn der Abſchlag, den der Ball beim Stoß erhält, iſt die Folge einer Zuſammendrückung, welche eine der Kraft dieſer Zuſammendrückung entſprechende Ausdehnung bei der Rückkehr in die frühere Form zu Folge hat, die ſich als Abſtoßung äußert. Man kann dieſen Vorgang durch den Verſuch nachweiſen, indem man eine Elfenbeinkugel aus einer Höhe von mehren Fuß auf eine ebene Marmorplatte oder Glasplatte auffallen läßt. Der Ball ſpringt beinah bis zu derſelben Höhe zurück, von welcher man ihn herabfallen ließ. Hat man überdieß die Platte mit einer dünnen Schicht Oel bedeckt, ſo ſieht man an dem Orte, wo der Ball aufſchlug, einen mehr oder weniger breiten Abdruck, welchen der Ball zurückgelaſſen (je nach der Kraft, mit welcher er auffiel), oder hat man die Platte mit einem dünnen Ueberzug von Kienruß bedeckt, ſo

hat der Ball einen mehre Linien im Durchmeſſer haltenden ſchwarzen Fleck. Da nun der Ball die Ebene, wenn man ihn ſanft auf ſie legt, nur in einem Punkte berührt, ſo muß er beim Auffallen aus der Höhe eine bedeutende Zuſammendrückung erfahren, ſogleich aber ſich wieder mit derſelben Kraft ausgedehnt und dadurch zu der erſten Höhe zurückgeſchleudert haben. Der Ball hat übrigens bei dem Experimente in ſeiner runden Geſtalt keinen Schaden gelitten, woraus ſich die Elaſticität deſſelben ergibt. Aehnlich wie ein Ball von Elfenbein verhalten ſich auch Bälle von Holz, Stein, Glas oder Metall. Die feſten Körper ſind ſämmtlich elaſtiſch, aber ihre Elaſticität hat eine gewiſſe Grenze. Man kann ein Blatt Papier oder ſelbſt ein Bleiblatt leicht beugen und es geht in die frühere Lage zurück, iſt aber die Beugung zu ſtark, ſo iſt die Elaſticität bewältigt und das Blatt nimmt die neue Lage an (bricht), ohne ein Beſtreben zu zeigen, in die frühere zurückzukehren.

Der Aggregationszuſtand der Körper bedingt eine Verſchiedenheit der Art, in welcher die Spannkraft derſelben ſich äußern kann. Die gasförmigen Körper erreichen nie eine Grenze ihrer Ausdehnung, ſie dehnen ſich immer weiter aus, je geringer der ſie zuſammenhaltende Druck iſt, und ihre Spannkraft iſt immer gleich dieſem Drucke; — die tropfbar flüſſigen Körper haben eine Grenze ihrer Ausdehnung, ſobald ſie nur unterwärts und ſeitwärts eingeſchloſſen ſind, indem ſie in gewiſſer Höhe eine horizontale Oberfläche bilden; nach jeder Zuſammendrückung kehren ſie zu dieſer Höhe zurück, vorausgeſetzt, daß das umſchließende Gefäß daſſelbe bleibt; — die feſten Körper haben eine nach allen Seiten begrenzte Form, ohne eines Gefäßes zu bedürfen, welche ſie, ſo weit ſie elaſtiſch ſind, nach jeder gewaltſamen Veränderung wieder annehmen. Während den gasförmigen Körpern, wenn ſie Form haben ſollen, nach keiner Seite hin das Gefäß völlig entzogen werden darf, kann dieſes bei den tropfbarflüſſigen nach Einer Seite, und bei den feſten nach allen Seiten hin geſchehen. Von ſelbſt gehen die Gaſe nur auseinander, nie zuſammen. Die tropfbaren Flüſſigkeiten laſſen ſich Verſuchen, bei denen ſie ausgedehnt würden, um dann durch Elaſticität wieder zuſammenzugehen, wegen der leichten Beweglichkeit ihrer Theile nicht unterwerfen. Bei den feſten Körpern endlich zeigt ſich die Elaſticität ſowohl im Wiederzuſammengehen, wenn ſie ausgedehnt worden, als im Wiederausdehnen, wenn ſie zuſammengedrückt worden. Noch in einer dritten Weiſe tritt bei langen fadenartigen Körpern die Elaſticität in der Drehung auf, indem ein gedrehter Draht oder Faden (auch wieder bis zu gewiſſen Grenzen) in die frühere Stellung zurückkehrt. Bei der Beugung eines feſten Körpers findet auf der concaven Seite Zuſammendrückung der Beſtandtheilchen, auf der convexen Seite dagegen Ausdehnung der Beſtandtheilchen ſtatt und daher iſt die Wirkung der Elaſticität dort Wiederausdehnen, hier Wiederzuſammengehen. Je nach den Grenzen, in denen die Elaſticität der Körper unüberwältigt bleibt, nennt man ſie mehr oder weniger elaſtiſch; je weiter jene Grenzen aus einander liegen, deſto mehr elaſtiſch ſind die Körper. So ſind elfenbeinerne Kugeln elaſtiſcher als bleierne, denn ſie kehren nach einem ſtärkeren Drucke noch in ihre frühere Geſtalt zurück; Stahlplatten ſind

elaſtiſcher als Glasſtreifen, denn ſie können ſtärker gebogen werden; Seidenfäden elaſtiſcher als Kupfer- oder Silberdrähte, denn ſie können weiter gedehnt werden; Darmſaiten elaſtiſcher als Eiſendrähte, denn ſie können weiter ausgezogen werden und kehren nachher in ihre frühere Länge zurück.

Nach dem Vorhergehenden kann man den Satz ausſprechen: Alle Körper ſind elaſtiſch, d. h. alle können ohne zu brechen oder eine bleibende Formveränderung zu erleiden, durch mechaniſche Wirkungen einige Aenderungen in der Anordnung ihrer Beſtandtheilchen, ihrer Geſtalt oder ihres Volumens erfahren, und ihren urſprünglichen Zuſtand genau wieder annehmen, ſobald die mechaniſchen Kräfte aufhören auf ſie zu wirken. Man kann namentlich drei verſchiedene Arten der Elaſticität unterſcheiden: Druck-Elaſticität, welche allein die Gaſe und wie es ſcheint auch die Flüſſigkeiten beſitzen, die feſten Körper aber auch zeigen; Dehnungs-Elaſticität, und Drehungs-Elaſticität, welche nur an feſten Körpern beobachtet werden.

Da bei den gasförmigen Körpern die Elaſticität nur in Einer Form, als Druckelaſticität auftritt, ſo hat man einen eigenen Namen für dieſe Art der Elaſticität: Expanſion, Expanſibilität, auch permanente oder abſolute Elaſticität (weil dieſelben, wie oben geſagt wurde, keine Grenze der Ausdehnung haben) vorgeſchlagen, und die luftförmigen Körper ſelbſt expanſible oder ausdehnſam flüſſige Körper genannt. Das Mariotteſche Geſetz (ſ. d. Art. Gaſe S. 647) war für die Luft nur erſt innerhalb ziemlich enger Grenzen als richtig nachgewieſen worden; Oerſted hat zuletzt zu beſtimmen geſucht, bis zu welchen Grenzen daſſelbe ausgedehnt werden dürfe. Eine der größten Schwierigkeiten, welche ſich bei dieſer Art von Verſuchen darbietet, iſt, genau die ausgeübten Drucke zu meſſen, denn es gibt hierzu nur zwei Mittel: Ventile, welche mit verſchiedenen Gewichten belaſtet ſind, und Queckſilberſäulen von verſchiedenen Höhen. Oerſted bediente ſich bei ſeinen Verſuchen des erſten Mittels, indem er die Verſuche mit Windbüchſen (ſ. d. Art. Compreſſionsmaſchinen) und mit Hilfe einer ausgezeichnet feinen Waage anſtellte. Der Rauminhalt der Behälter, in denen die Luft zuſammengepreßt wurde, ward durch das Gewicht des Waſſers beſtimmt, welches ſie zu faſſen vermochten; die Quantitäten Luft, welche man darin mit Hilfe der Pumpen anhäufte, wurden gleichfalls durch Wägungen beſtimmt; endlich wurden die Drucke nach den Gewichten geſchätzt, welche Ventile von bekannten Dimenſionen tragen konnten, ehe ſie ſich von außen nach innen öffneten. Auf dieſe Weiſe hat Oerſted bewieſen, daß bis zu einem Drucke von 60 Atmoſphären die Luft dem Mariotteſchen Geſetze unterworfen iſt, d. h. daß die Volumina, welche ſie einnimmt, ſtets im umgekehrten Verhältniſſe der Drucke iſt, welche ſie erleidet. Bei einigen andern Verſuchen trieb Oerſted den Druck bis auf 110 Atmoſphären (dann enthielt der Behälter 101 Grammes Luft); aber es ſcheint, daß das Ventil unter dem ungeheuern Gewichte, mit dem es in dieſem Falle beladen werden mußte, eine Art Biegung erlitt und daher nicht mehr geeignet war, genaue Anzeigen zu geben.

Ueberſchreitet man alſo nicht die Grenze von 60 Atmoſphären, ſo kann man ganz ſicher der Luftmanometer (ſ. d. Art. Manometer) ſich bedienen, um die Drucke zu meſſen. Dieſes Mittels wollte ſich Oerſted bedienen, um zu erkennen, ob die zuſammengeſetzten Gaſe und diejenigen, welche leicht in tropfbar flüſſigen Zuſtand übergehen, in ihrer Zuſammendrückbarkeit noch dem Mariotteſchen Geſetze gehorchen. Er ſelbſt unterſuchte das ſchweflichte Gas (ſchweflichte Säure), welche bei 3 $\frac{1}{2}$ Atmoſphären tropfbar flüſſig wird, und fand, daß dieſes Gas nur bis etwa zu 2 $\frac{1}{3}$ Atm. nach dem Mariotteſchen Geſetze ſich richtet; über dieſe Grenze hinaus werden ſeine Verdichtungen immer ſtärker, ſo daß ſie bereits 3,3 betragen, wenn die der Luft erſt 3,2 ſind. Die Verſuche werden auf folgende Weiſe angeordnet: Man nimmt zwei wohlcalibrirte Röhren, welche ziemlich dieſelben Dimenſionen haben, die eine iſt mit trockener Luft, die andere mit gleichfalls trockener ſchweflichter Säure gefüllt und man ſtürzt ſie in ein kleines Gefäß voll Queckſilber um. Dieſes doppelte Manometer wird in eine viel aushaltende Glasröhre gebracht, welche ſenkrecht aufgeſtellt und mit Waſſer gefüllt wird. Gegen das Waſſer dieſer Röhre übt man durch irgend ein Mittel den Druck aus; dieſer Druck theilt ſich dem Queckſilber und den Gaſen mit, das Luftmanometer gibt das Maß und durch Vergleichung des Ganges des Luftmanometers mit dem Gange des danebenſtehenden Gasmanometers leitet man das Geſetz, nach welchem die Verdichtung des Gaſes erfolgt, ab.

Despretz hat ſich deſſelben Apparates bedient, um Oerſted's Verſuche auf das Cyangas, Ammoniak und Hydroſchwefelſäure auszudehnen; er fand, daß dieſe Gaſe wie die ſchweflichte Säure zuſammendrückbarer als Luft ſind. *)

Auch über die Zuſammendrückbarkeit der Flüſſigkeiten und die dabei ſtattfindende Wärmeentwicklung hat Oerſtedt Verſuche angeſtellt. Der Apparat, mit deſſen Hilfe er die Zuſammendrückbarkeit der Flüſſigkeiten beobachtet und mißt, iſt in Fig. 261. u. 262. dargeſtellt. Er beſteht weſentlich in einem Compreſſionsbehälter cc von dickem Glaſe und einem Behälter mit Haarrohre zz, den man mit einigen Phyſikern Piezometer nennen kann. Oerſtedt hat dem Piezometer (Fig. 262.) ungefähr die Geſtalt und Größe eines ſtarken cylindriſchen Thermometers gegeben, aber die Röhre bleibt offen und endet in einen Trichter oder eine kleine Bauchung. Ein wichtiger Punkt für die Genauigkeit des Inſtruments iſt, dieſe Röhre in gleiche Theile zu graduiren, deren Capacität ein bekannter Bruch der Capacität des Cylinders iſt. Zu dieſem Zwecke beſtimmt man das Gewicht des im Cylinder enthaltenen Queckſilbers, welches z. B. 1000 Grammes ſein wird, und das Gewicht des in einer gegebenen Länge der Röhre enthaltenen Queckſilbers, welches z. B. 2 Decigramme für eine Länge

*) Die genaueren Zahlenangaben, welche Despretz anführt, ſind ohne Zweifel ungenau, weil ſie vorausſetzen, daß die Luft ſelbſt nicht nach dem Mariotteſchen Geſetze zuſammengedrückt werde.

von 100 Millimeter ſein wird. Dann iſt offenbar die 1 Millim. der Röhre entſprechende Capacität (vorausgeſetzt, daß die Röhre wohl calabrirt iſt) 0,000002 der Capacität des Cylinders, und da man bequem halbe Millimeter ableſen kann, entweder auf der Röhre ſelbſt, welche mit einem Diamant graduirt worden, oder auf einem Maßſtab, der an ſie befeſtigt iſt, ſo wird man die Milliontheile des urſprünglichen Volumens beobachten können.

Geſetzt nun, man wollte dieſes Piezometer benutzen, um die Zuſammendrückbarkeit des Waſſers zu beſtimmen, ſo füllt man es mit dieſer von Luft wohlgereinigten Flüſſigkeit und läßt durch leichte Wärmeveränderungen in die Röhre eine kleine Säule Luft, Queckſilber oder Schwefelkohlenſtoff eintreten, welche das Volumen Waſſer, gegen welches man operiren will, trennt und begrenzt. Iſt das Piezometer auf dieſe Weiſe angeordnet, ſo befeſtigt man an ſeine Scala ein kleines Luftmanometer mm, d. h. eine cylindriſche Röhre von 10 bis 15 Millimeter Durchmeſſer, 15 bis 20 Centimeter Länge, welche oben verſchloſſen und unten offen iſt. Man bringt es in das Compreſſionsgefäß, welches vorläufig mit Waſſer gefüllt iſt, wie Fig. 261. darſtellt, indem man alle nöthigen Vorſichtsmaßregeln nimmt, damit es keine merkliche Temperaturveränderung erleidet, denn eine Erhebung um ein halb Grad würde vielleicht ſchon hinreichen, den Index in den Trichter herabzuſtoßen und bei ein oder zwei Grad Sinkung höchſtens würde ein Herabfallen in den Cylinder bewirkt werden. Es iſt noch übrig, die große Maſſe Waſſer des Behälters zuſammenzupreſſen, damit ſie ihren Druck auf die im Piezometer enthaltene Flüſſigkeit mittelſt der Oeffnung des Trichters t fortpflanze; zu dieſem Ende ſchraubt man die Pumpe PP′ auf den ſtarken Metallring VV′, in welchen der gläſerne Behälter ausgeht, und zieht ſie mit dem Schraubenſchlüſſel F ſtark an, um alle Verbindungen abzuſperren. Es zeigt ſich in BB′ eine Röhre, durch welche man Waſſer bis zum Kolben S gießt und welche man nachher verſchließt; während dieſer Zeit entweicht die Luft durch die Seitenöffnung O, welche ihrerſeits durch den Kolben verſchloſſen werden muß, ſobald er anfängt niederzugehen. Nachdem dieß endlich ausgeführt, ſo braucht man nur das Querſtück TT′ zu drehen, um die Schraube G in ihre Mutter hinabzudrücken, welche den Kolben vor ſich hintreibt, und dann beobachtet man zugleich das Manometer mm′, um das Maß des Druckes, und den Index des Piezometers, um die entſprechende Volumenverminderung kennen zu lernen.

Folgendes ſind die hauptſächlichſten Reſultate, zu denen Oerſted gelangte: 1) Bei einem Drucke von Einer Atmoſphäre drückt ſich das Waſſer um 0,000045 ſeines urſprünglichen Volumens zuſammen; 2) bis zu 70 Atmoſphären bleibt die Zuſammendrückbarkeit den drückenden Kräften proportional, ſo daß, wenn dieſes Geſetz ohne Grenze fortging, ein Druck von 100 Atmoſphären nur erſt eine Zuſammendrückung von 0,0045 des urſprünglichen Volumens hervorbringen würde und über 10000 Atmoſphären nöthig wären, um das Waſſer bis zur Hälfte ſeines Volumens herabzubringen; 3) die Zuſammendrückbarkeit des Queckſilbers geht für jede Atmoſphäre nicht über Ein Milliontheil;

4) die des Alkohol beträgt 20 Milliontheile; 5) die des Schwefelkohlenſtoffs 30 Milliontheile; 6) die des Schwefeläthers 60 Milliontheile; 7) die des Waſſers, welches Salze, Alkali's oder Säuren enthält, iſt etwas geringer als die des reinen Waſſers. — Dieſe Zahlen ſind die directen Reſultate der Beobachtung, aber es bietet ſich hierbei eine Frage dar, welche ein Gegenſtand vielfacher Erörterungen unter den Phyſikern geworden iſt, und die endlich durch Poiſſons Unterſuchungen über die Elaſticität der Körper vollſtändig beantwortet zu ſein ſcheint. Es fragt ſich, ob nicht das Piezometer, deſſen Wandung zwiſchen der äußeren und inneren Flüſſigkeit zuſammengepreßt wird, eine merkliche Veränderung ſeiner Capacität erleidet, welche eine Correction bei den directen Verſuchen nöthig macht. Oerſted hat ſtillſchweigend angenommen, daß dieſe Correction vernachläſſigt werden könne; andere haben gemeint, die Wandung des Piezometers werde wie eine einfache Platte zuſammengedrückt, und haben demgemäß auf eine Vermehrung der Capacität geſchloſſen, die man in Rechnung zu bringen habe; noch andere dagegen betrachteten als gewiß, daß, weil ein durchaus ſolider (nicht hohler) Körper von derſelben Geſtalt und Subſtanz wie das Piezometer durch die Zuſammendrückung an Volumen verliert, um eine genau eben ſo bedeutende Quantität auch die Wandung des Piezometers verringert werden müſſe, und daß alſo eine in Rechnung zu bringende Verminderung der Capacität ſtattfinde. Poiſſon iſt der letzteren Meinung, deren Statthaftigkeit er nachweiſt, und ſogar zeigt, daß, wenn man die urſprüngliche Capacität des Piezometers durch C bezeichnet, dann dieſe Capacität $C\left(1 - \frac{3\delta}{2}\right)$ unter dem Druck P beträgt, wobei δ die Zuſammenziehung bedeutet, welche eine Röhre von derſelben Subſtanz wie das Piezometer, und an ihren beiden Enden lediglich demſelben Druck P ausgeſetzt, erleiden würde, wobei dieſer auf die Einheit der Oberfläche bezogen wird. Zöge man, ſtatt auf dieſe Röhre einen Druck auszuüben, dieſelbe mit der nämlichen Kraft in die Länge, ſo darf man im Allgemeinen annehmen, daß ſie dieſelbe Verlängerung δ erfahren würde; verlängert ſich alſo, nach den Verſuchen von Colladon und Sturm, eine Glasröhre, wenn ſie mit einer Kraft gleich einer Atmoſphäre (d. i. dem Gewicht einer Queckſilberſäule von 760 Millimetres Höhe, deren Baſis gleich dem Schnitt der Röhre) ausgezogen wird, um 11 Zehnmilliontheilchen, ſo folgt daraus für die Capacität eines Piezometers von Glas unter einem Atmoſphärendruck mehr, wenn man dieſe Capacität bei gewöhnlichem Druck C nennt, C (1 — 0,00000165), und bei einer Zunahme von Atmoſphärendruck, genannt N, C (1 — 0,00000165 N). Man ſieht hieraus, daß die ganze Genauigkeit der Verſuche über die Zuſammendrückbarkeit auf der genauen Beſtimmung der Zuſammenziehung im Volumen, oder auf der linearen Verlängerung der Subſtanz beruht, aus der die Einhüllung des Piezometers beſteht. Die folgende Tabelle enthält die Reſultate der Arbeiten von Oerſted und Colladon und Sturm. In der zweiten Columne ſtehen die von den Beobachtern gegebenen Zahlen, und in der dritten dieſelben Zahlen nach den gemäß

der vorhergehenden Formel erfolgten Correctionen, wobei die 11 Zehnmilliontheilchen für die lineare Verlängerung des Glaſes unter dem Gewichte eines Atmoſphärendrucks in Anſchlag gebracht ſind. Dieſe Correction vergrößert die Zahlen von Oerſted, weil er die Capacität des Piezometers als conſtant vorausgeſetzt hatte, und vermindert die von Colladon u. Sturm, weil dieſe eine Zunahme der Capacität um 3δ, ſtatt um $\frac{3\delta}{2}$ angenommen hatten.

Tabelle der Zuſammendrückbarkeit der Flüſſigkeiten.

Namen der Subſtanzen.	Zuſammendrückbarkeiten für eine Atmoſphäre ausgedrückt in Milliontheilchen des urſprüngl. Volumens.	Zuſammendrückbarkeiten, bei denen Correction ausgeführt.
	Oerſted	
Queckſilber	1	2,65
Alkohol	20	21,65
Schwefelalkohol	30	31,65
Waſſer	45	46,65
Schwefeläther	60	61,65
	Colladon u. Sturm	
Queckſilber	5,03	3,38
Schwefelſäure	32,	30,35
Salpeterſäure	32,2	30,55
Ammoniak	34,7	33,05
Eſſigſäure	42,2	40,55
Waſſer mit eingeſchloſſener Luft	49,5	47,85
Waſſer ohne Luft	51,3	49,65
Salpeteräther	71,5	69,85
Terpentineſſenz	73,	71,35
Eſſigäther	79,3	77,65
Salzäther	85,9 f. d. 1ſte Atmoſph.	84,25
—	82,25 f. d. 9te Atmoſph.	80,60
Alkohol	96,5 f. d. 1ſte Atmoſph.	94,95
—	93,5 f. d. 9te Atmoſph.	91,85
—	89 f. d. 24ſte Atmoſph.	87,35
Schwefeläther bei 0°	133 f. d. 1ſte Atmoſph.	131,35
—	122 f. d. 24ſte Atmoſph.	120,45
Derſelbe bei 11°	150 für die 1ſte Atmoſph.	148,35
—	141 f. d. 24ſte Atmoſph.	139,35

Man ſieht, daß im Allgemeinen die Zahlen Colladon's und Sturm's etwas größer ſind, als die Oerſtedſchen. Die Differenz iſt unbedeutend bei dem Queckſilber und dem Waſſer, beträchtlich bei dem Schwefeläther, und noch größer bei dem Alkohol. Letztere beiden Flüſſigkeiten, ſo wie der Salzäther veranlaſſen eine wichtige Bemerkung, daß nämlich die Zuſammendrückbarkeit abnimmt in dem Maße, wie der Druck ſteigt; endlich bemerkt man auch eine ſehr beträchtliche Steigerung der Zuſammendrückbarkeit des Schwefeläthers, zwiſchen den Temperaturen 0° und 11°. — Die bei der Zuſammenpreſſung der Flüſſig-

keiten frei werdende Wärme iſt ſehr ſchwer zu beobachten. Oerſted fand ſie nicht beobachtbar; Colladon und Sturm brachten ein Thermometer von Breguet zum Steigen von 4 bis auf 6°, indem ſie den Schwefeläther ſchnell hintereinander durch ſtarke Hammerſchläge zuſammendrückten. Waſſer und Alkohol brachten bei demſelben Verfahren keine beträchtliche Veränderung hervor. Da indeſſen Drucke von 30 — 36 Atmoſphären die man ein wenig langſamer, als durch den Stoß eintreten ließ, den Zeiger des Thermometers nach der entgegengeſetzten Seite trieben, ſo mußte man vorausſetzen, daß die Zuſammendrückung, unabhängig von aller Wärme, auf den die Federn bildenden Metallſtreifen Einfluß haben könne, man folglich dem Anzeiger dieſes Inſtrumentes nicht trauen dürfe. — Oerſted glaubte bei ſeinen erſten Verſuchen bemerkt zu haben, daß das Waſſer, wenn man es mehrmals zuſammendrückt, bis zu einem gewiſſen Punkt die Fähigkeit verliere, in ſein urſprüngliches Volumen zurückzukehren; doch ſchien ſich dieſe Beobachtung durch ſpätere Verſuche nicht zu beſtätigen. Man darf alſo erſtens annehmen, daß die Gaſe und Flüſſigkeiten eine vollkommene Elaſticität beſitzen, d. h. daß die ſtärkſten Preſſungen, denen man ſie, ſei es langſam oder ſchnell, unterwirft, immer unvermögend bleiben, um ihre Structur auf die Dauer zu verändern, daß folglich, ſo wie die Urſachen aufhören, die Flüſſigkeiten ihr urſprüngliches Volumen wieder einnehmen; zweitens, daß die Umhüllung des Piezometers unter den Bedingungen, bei welchen man bis jetzt experimentirte, gleichfalls vollkommene Elaſticität beſitze, denn wenn ſie ſich für die Dauer merkbar zuſammendrückt, ſo würde man gewiß nicht dieſelben Zuſammendrückbarkeiten durch Verſuche mit einem neuen und einem ſchon gebrauchten Piezometer erhalten.

Bei den feſten Körpern muß man die dauernde und vorübergehende Zuſammendrückbarkeit unterſcheiden, welche letztere mit ihrer Erregungsurſache wieder verſchwindet. Die Metalle können, wie bekannt, durch die Bearbeitung eine anſehnliche Zunahme ihrer Dichtigkeit erfahren; ebenſo laſſen ſie ſich durch den Stoß eines Hammers, oder eines Schwengels, oder durch den Druck einer Preſſe zuſammendrücken, aber dieſe Zuſammendrückbarkeit iſt ein Beweis für ihre unvollkommene Elaſticität, ſofern ſie den Eindruck der auf ſie ausgeübten einwirkenden Kraft behalten, ſelbſt wenn dieſe Kräfte aufhören thätig zu ſein. Wären Silber und Gold vollkommen elaſtiſche Körper, ſo könnte man ſie wohl graviren, aber nicht Münzen oder Medaillen aus ihnen ſchlagen. Da dieſe Beobachtungen ſich auf die meiſten feſten Körper anwenden laſſen, ſo kann man daraus ſchließen, daß ſie unter gewiſſen Bedingungen zuſammendrückbar, ohne in ihren vorigen Zuſtand zurückzukehren, folglich unvollkommen elaſtiſch ſind. Von den auf dieſe Weiſe zuſammengedrückten Körpern ſagt man, ihre Beſtandtheilchen werden gezwungen, eine andere Lage einzunehmen, nimmt aber gewöhnlich an, daß es für jeden derſelben einen gewiſſen Grad der Zuſammendrückbarkeit gibt, unterhalb deſſen ſie vollkommen elaſtiſch ſind, und in ihren vorigen Zuſtand zurückkehren. Alles, was man über dieſen ſchwierigen und wichtigen Gegenſtand weiß, verdankt man den Un-

terſuchungen der Mathematiker. Wir heben hier die einflußreichſten und am unmittelbarſten bezüglichen heraus.

Wenn eine hohle Kugel von gleicher Maſſe u. conſtanter Dicke (Fig. 263.) von innen u. außen einem gegebenen Drucke unterworfen wird, ſo beſtimmt man auf folgende Art die Veränderungen, welche ſie durch die Wirkung des Druckes erfährt: Es ſei R der urſprüngliche Werth des äußeren Radius CR, R′ ſein Werth nach dem Druck, r die urſprüngliche Geltung des innern Radius cr, r′ ſein Werth nach der Zuſammendrückung, H der Druck auf jede Einheit der äußeren Oberfläche, h der Druck auf jede Einheit der inneren Oberfläche, A ein conſtanter Werth, welcher von der Beſchaffenheit der Subſtanz abhängt, ſo iſt: $R' = R\left[1 - \frac{4\,(HR^3 - hr^3) + 5\,(H - h)\,r^3}{20\,A\,(R^3 - r^3)}\right]$ $r' = r\left[1 - \frac{4\,(HR^3 - hr^3) + 5\,(H - h)\,R^3}{20\,A\,(R^3 - r^3)}\right]$. 1) Erfährt die hohle Kugel von außen und innen gleichen Druck, ſo hat man $H = h$, folglich die Werthe von R′ u. r′; $R' = R\left(1 - \frac{H}{5A}\right)$ $r' = r\left(1 - \frac{H}{5A}\right)$. Folglich erleiden für dieſen Fall der große und kleine Radius verhältnißmäßig dieſelbe Zuſammenziehung, und dieſe Zuſammenziehung ſteht im geraden Verhältniß des Druckes, und im umgekehrten Verhältniß des conſtanten Werthes A.

2) Um die Formeln für eine gefüllte Kugel abzuleiten, braucht man nur $r = 0$ zu ſetzen, ſo erhält man: $R' = R\left(1 - \frac{H}{5A}\right)$ woraus folgt, daß bei demſelben Druck eine hohle und eine volle Kugel aus gleichem Stoffe gleiche Zuſammenziehungen erleiden.

3) Iſt der innere Druck $= 0$, alſo $h = 0$, ſo entſtehen für R′ und r′ die Werthe $R' = R\left[1 - \frac{H\,(4\,R^3 + 5\,r^3)}{20\,A\,(R^3 - r^3)}\right]$ $r' = r\left[1 - \frac{9\,HR^3}{20\,A\,(R^3 - r^3)}\right]$. Alſo erfährt der äußere Radius immer eine kleinere Zuſammenziehung, als der innere, und ſobald er im Verhältniß zu dieſem ſehr groß iſt, beträgt ſeine Zuſammenziehung nur $\frac{4}{9}$ davon.

4) Man kann immer auf das Innere einen ſolchen Druck ausüben, daß der innere Radius keine Veränderung erleidet; das Verhältniß des innern Drucks zum äußern darf nur folgendes ſein: $\frac{h}{H} = \frac{9\,R^3}{5\,R^3 + 4r^3}$. Das Verhältniß der Drucke, welches dieſe Wirkung hervorbringt, hängt alſo von dem Verhältniß der inneren und äußeren Radien ab. Hat man z. B. $R = 2r$, ſo braucht man nur inwendig einen Druck anzubringen, der $\frac{18}{11}$ des äußeren Drucks beträgt, wenn der innere Radius keine Veränderung erleiden ſoll.

5) Man kann auch den Druck dergeſtalt ausüben, daß der äußere Radius derſelbe bleibt, dann braucht nur $\frac{h}{H} = \frac{4\ R^3 + 5\ r^3}{9\ r^3}$ zu ſein. Iſt z. B. $R = 2r$, ſo findet man $\frac{h}{H} = \frac{37}{9}$. Sollte alſo hier der äußere Radius ſich nicht verändern, ſo braucht man inwendig einen Druck mehr als vierfach ſo ſtark, als der äußere Druck.

6) Wäre die innere Hohlung dieſer Kugel mit einer homogenen feſten oder flüſſigen Subſtanz angefüllt, für welche der conſtante A analoge Werth einen größeren oder geringeren Werth als A, A′ hätte, ſo würden für die äußeren u. innern Radien nach der Zuſammendrückung folgende Werthe entſtehen: $R' = R\left[1 - \frac{H(4A + 5A')R^3 - 5H(A' - A)\,r^3}{5\ AD}\right]$ $r' = r\left[1 - \frac{9\ HR^3}{5\ D}\right]$ wobei der Werth von $D = A'(5R^3 + 4r^3) + 4A(R^3 - r^3)$. Alſo wendet man den Werth von r′ zugleich auf die letzte innere Schicht der Umhüllung Rr (Fig. 263.) und auf die erſte äußere Schicht des Kerns cr an, ſo erhält man zugleich die Zuſammendrückbarkeit des Kernes, welche von dem conſtanten Werth A′ abhängt, der der Subſtanz angehört. Iſt $A' = A$, ſo ſieht man leicht, daß der Kern zuſammengedrückt wird, als träfe ihn unmittelbar der äußere Druck H. Folglich wird eine flüſſige Kugel nach denſelben Geſetzen zuſammengedrückt, wie eine feſte, und ſelbſt bis auf ein und dieſelbe Größe, wenn der conſtante Werth A′ der Subſtanz derſelbe iſt. Iſt $A' = 0$, ſo kommt man auf dieſelben Werthe von R′ u. r′ zurück, welche ſo eben für $h = 0$ ſich ergaben, und zwar nothwendig, weil, wenn man $A' = 0$ ſetzt, man der Subſtanz des Radius eine unbegrenzte und widerſtandsloſe Zuſammendrückbarkeit zuſchreibt. Für alle die Werthe von A′, welche zwiſchen 0 und A liegen, ſind die Werthe von A′ und r′ in denen begriffen, welche $h = 0$ und $h = H$ entſprechen, woraus folgt, daß der Kern immer weniger zuſammengedrückt wird, als wenn der Druck H unmittelbar auf ihn gewirkt hätte.

Hat man endlich $A' > A$, ſo werden die Werthe von R′ u. r′ analog denen bei $h > H$, d. h. man kann immer einen Werth von h finden höher als von H, welcher R′ und r′ dieſelben Werthe geben würde, als die Vorausſetzung $A' > A$; ſucht man nun die Wirkung, welche der äußere Druck H, unmittelbar auf den Kern wirkend, hervorbringen würde, ſo würde man ſie immer geringer finden, als die durch das Zwiſchenmittel der feſten Umhüllung hervorgebrachte Wirkung. Dieſes ſonderbare Reſultat wird durch die Beobachtung erklärlich, daß der Kern, wenn er minder zuſammendrückbar iſt, als die ſphäriſche Umhüllung, den innern Radius cr verhindert, die ganze ihm zukommende Verkleinerung anzunehmen, ſich alſo verhält, wie ein beſtimmter innerer Druck, größer als der äußere; die Begrenzung dieſer Wirkung erhält man bei der Vorausſetzung $A' = \infty$, d. h. wenn man den Kern als vollkommen unzuſammendrückbar annimmt; dann iſt der

innere Radius conſtant, und da man ihn auch conſtant machen kann durch einen Druck $h = H \frac{9 R^3}{5 R^3 + 4 r^3}$, ſo leuchtet ein, daß der Kern dieſen Druck erfahren muß. Deßhalb alſo muß er mehr zuſammengedrückt ſein, als wenn er den äußern Druck H unmittelbar erführe. Um die Ableitungen nach dieſer Theorie durch die Erfahrung zu beſtätigen, muß man im Stande ſein, den conſtanten Werth A zu beſtimmen, welcher jede Subſtanz im Verhältniß zu ihrer Zuſammendrückbarkeit bezeichnet. Poiſſon gibt dafür folgende Formel: $A = \frac{2 L}{5 as}\left(P + \frac{P'}{2}\right)$ weche ſich leicht auf die als Fäden oder Stangen darſtellbaren Subſtanzen anwenden läßt. Denn, hat man einen Faden, deſſen Länge L, Gewicht P′, Schnitt s iſt und den man zuerſt an ſeinem obern Ende vertical befeſtigt, dann an ſeinem untern Ende mit einem Gewichte beſchwert, und beobachtet man hierauf die Verlängerung, welche er erfährt, ſo braucht man nur, um den Werth von A zu erfahren, alle dieſe gegebenen Werthe in der Formel zu ſubſtituiren. Nimmt man im Allgemeinen bei dieſer ganzen Theorie an, daß die durch beſtimmte Kräfte hervorgebrachte Zuſammendrückbarkeit gleich ſei der Ausdehnbarkeit, welche durch dieſelben Kräfte bewerkſtelligt würde, ſo ſieht man, daß die vorhergehende Formel mittelſt der Zuſammendrückbarkeit auch den Werth von A geben könnte. Denn vernachläſſigt man $\frac{P'}{2}$, welches immer im Verhältniß zu P ſehr klein ſein wird, und nimmt dafür an, daß das Gewicht P die Stange in ihrer Längenrichtung zuſammendrücke, wobei a die Zuſammenziehung bezeichnen möge, ſo hat man $A = \frac{2 LP}{5 as}$. Aus dem Einfluſſe des Gewichts auf die Oberfläche s ergibt ſich, daß der Druck H auf die Oberfläche iſt $H = \frac{P}{s}$, ſetzt man ebenſo $L = 1$, ſo hat man $A = \frac{2 H}{5 a}$. Dieſe Formel begründet ein merkwürdiges Verhältniß zwiſchen der Zuſammenziehung a, welche eine an ihrem Ende gepreßte und in ihrem übrigen Umfange freie Stange erfährt, und zwiſchen der, welche eine Kugel von derſelben Subſtanz erleidet, welche demſelben Druck H auf ihrer ganzen Oberfläche ausgeſetzt iſt. Denn wir fanden für dieſen letztern Fall $R' = R\left(1 - \frac{H}{5 A}\right)$. Daraus wird, wenn man A ſubſtituirt, $R' = R\left(1 - \frac{a}{2}\right)$, woraus man erſieht, daß die Zuſammenziehung, welche eine nur an ihren Enden gepreßte Stange erfährt, doppelt ſo groß iſt, als wenn dieſelbe Stange denſelben Druck an allen Punkten ihrer Oberfläche erführe.

Das Volumen der zuſammengedrückten Kugel iſt $v\left(1 - \frac{3 a}{2}\right)$

wenn v ihr urſprüngliches Volumen war. Hieraus folgt endlich, daß, wenn man die lineare Verlängerung einer mit einer gewiſſen Kraft an ihren Enden ausgezogenen Subſtanz kennt, man davon die Hälfte nehmen muß, um die lineare Zuſammenziehung derſelben Subſtanz, wenn ſie an allen Punkten denſelben Druck erfährt, zu kennen, und $\frac{3}{2}$, um die Zuſammenziehung des Volumens zu erfahren. Nach dieſen Grundſätzen wurden vorher die Correctionen bei den piezometriſchen Beobachtungen vorgenommen.

Drückt man feſte Körper über die Grenzen ihrer vollkommenen Elaſticität hinaus zuſammen, ſo verharren ſie mehr oder weniger in dieſem Zuſtande, und zeigen zunehmende Dichtigkeiten, die man bis jetzt noch ſehr wenig erforſcht hat. Dauert die Zuſammendrückung bis ins Unendliche fort, mit beſtändig gleichem Druck auf alle Theile der Oberfläche, ſo ſcheint es, würden endlich die meiſten feſten Körper in Staub zerbröckeln, aber wenn die Drucke ungleich ſind, ſo bedarf es keiner großen Kraftäußerungen, um auch die zäheſten Subſtanzen zu zerquetſchen. Da es oft von Nutzen iſt, ſowohl bei phyſikaliſchen Unterſuchungen, als bei der Anwendung auf Künſte und Gewerbe, gegebene Reſultate über dieſe Eigenſchaften der Körper zu haben, ſo ſtellen wir in der folgenden Tabelle mehre der durch Rondelet und Rennie erhaltenen Reſultate zuſammen: *)

Widerſtand, welchen die Steinarten der Zerquetſchung entgegenſetzten, nach den von Rondelet mit Würfeln von 5 Centimetres Seitenlänge angeſtellten Verſuchen.

Namen der Geſteine.	Dichtigkeiten.	Gew., welches die Zerquetſchung bewirkte, in Kilogrammes.
Baſalt aus der Auvergne	2,88	51945
Weißer Sandſtein	2,48	23086
Schwarzer Marmor aus Flandern	2,72	19719
Granit aus der Normandie, gen. gatinos	2,66	17555
Grauer Granit aus Bretagne	2,74	16353
Schwarzer Stein von Saint Fortunat, im Gebrauch zu Lyon, ſehr hart und muſchlich	2,65	15668
Grüner Granit von den Vogeſen	2,85	15487
Liais von Bagneux, ohnweit Paris, ſehr hart u. feinkörnig	2,44	11113
Weißer Statuenmarmor	2,69	8176
Fels von Arcueil, ohnweit Paris	2,08	6334
Fels von Chatillon, bei Paris, hart, von ziemlich muſchlichem Bruch	2,29	4347
Stein von Saillancourt, bei Pontoiſe		
erſter Qualität	2,41	3536
zweiter Qualität	2,29	2994
dritter Qualität	2,10	2304

*) Es iſt allerdings zu bedauern, daß wir ſtatt dieſer für Frankreich, namentlich Paris nützlichen Tabelle nicht eine ähnliche, für Deutſchland gleich intereſſante zu geben vermögen.

Namen der Geſteine.	Dichtigkeiten.	Gew., welches die Zerquetſchung bewirkte, in Kilogrammes.
Feſter Stein von Conflans, in Gebr. zu Paris	2,07	2245
Pflaſterſtein von Montmartre, bei Paris	1,92	1785
Vergelée, aus den Umgebungen von Paris, weich, grobkörnig, waſſerbeſtändig	1,33	1496
Weicher Bruchſtein od. Lambourde von Conflans, erſter Qualität	1,82	1407
Lambourde zweiter Qualität, weich, in der Feuchtigkeit ſchlecht ſich haltend	1,56	575
Weicher Sandſtein	2,49	98

Widerſtand der Hölzer beim Zerquetſchen, nach den von Rennie mit Würfeln von 1 engl. Zoll Seitenlänge angeſtellten Verſuchen.

Hölzer.	Gew., welches die Zerquetſchung bewirkte, in ſchweren engl. Pfunden.
Engliſche Eiche	3860
Weißtanne	1928
Amerikaniſche Fichte	1606
Ulme	1284

Widerſtand der Metalle beim Zerquetſchen, nach den von Rennie mit Würfeln von $\frac{1}{4}$ engl. Zoll Seitenlänge angeſtellten Verſuchen.

Metalle.	Dichtigkeiten.	Gewicht in engl. Pfunden.
Eiſen, aus dem Mittelpunkte einer breiten Maſſe genommen	7,033	9773
Eiſen, von horizontal gegoſſ. Barren genommen	7,113	10114
Eiſen von vertical gegoſſenen Barren	7,074	11137
Gegoſſenes Kupfer	7,074	7318

Das ſchwere engliſche Pfund beträgt nach Kilogrammes 0,45355 und der engl. Zoll, in Metres ausgedrückt, 25^{mm},3999.

Leicht würde man nach dieſen gegebenen Größen die für eine Säule erforderliche Höhe berechnen können, welche durch ihr eigenes Gewicht ihre Baſis zerquetſchen ſollte. So würde man z. B. für den Baſalt aus der Auvergne eine Höhe von 7215 Metres, d. i. ungefähr 2 Meilen (franzöſiſche) finden. Daraus könnte man alſo ſchließen, daß ein cylindriſches Baſaltgebirge brechen müßte durch ſein eigenes Gewicht, wenn es vom Fuß bis zum Gipfel 2 Meilen hoch wäre; doch würden unterhalb des Fußes die Seitenpreſſungen einen Theil der Laſt auf ſich nehmen. (Vergl. d. Art. Feſtigkeit.)

Verarbeitet man die feſten Körper zu Fäden, Stangen oder Barren, ſo entwickeln ſie, während ſie nach der Richtung ihrer Axe durch allmählig wachſende Kräfte ausgezogen werden, verſchiedene Erſcheinungen: 1) Ihre Länge vergrößert ſich, und ihr Durchmeſſer ſchwindet;

2) ſie kehren vollkommen zu ihren urſprünglichen Dimenſionen zurück, wenn die ausziehenden Kräfte nachlaſſen, ohne gewiſſe Grenzen überſchritten zu haben; 3) über dieſe Grenzen hinaus bleiben ſie nach einer Richtung verlängert, nach der andern dünner geworden; 4) bei noch geſteigerten Kräften reißen ſie bald raſch und heftig in ihrer ganzen Breite, bald langſam, wobei ſie immer dünner werden. Natürlich erſcheint die Vorausſetzung, daß während des Ausziehens das Volumen des Körpers ohngefähr ebenſo zu- wie während des Zuſammendrückens abnimmt. In der That beobachtete dieß Cagniard de la Tour, indem er einen Kupferfaden in einer langen, mit Waſſer gefüllten paſſend aufgeſtellten Röhre auszog, und Poiſſon zeigte, daß, wenn man im Allgemeinen durch a die Verlängerung ausdrückt, welche ein Cylinder, deſſen Länge der Einheit gleich geſetzt wird, erleidet, die Verkürzung in der auf der Axe perpendiculären Richtung nur $\frac{a}{4}$ beträgt. Iſt alſo das urſprüngliche Volumen v, ſo wird das Volumen während des Ausziehens v $\left(1 + \frac{a}{2}\right)$ betragen. s'Graveſande war vermuthlich der erſte, welcher die Grundgeſetze über die Elaſticität der Spannung der Fäden aufſtellte. Der Apparat, deſſen er ſich bediente, beruht auf folgenden Grundſätzen: Der Faden wird horizontal zwiſchen zwei feſten Punkten F u. F′ (Fig. 264.) ausgeſpannt; in ſeiner Mitte befeſtigt man eine kleine Wagſchaale mittels eines Häkchens C, damit aber dieſes erſte Gewicht dem Faden keine Biegung gibt, ſo hält man das Gleichgewicht mittelſt eines Gegengewichts, welches an einem ſeidenen Faden befeſtigt iſt, der in einer kleinen Rolle p geht, in deren Mitte eine Nadel G befeſtigt iſt. Hierauf beobachtet man die Stellung der Nadel gegen das in DGD getheilte Zifferblatt, und beginnt ſacht die Schaale des Hakens mit allmählich verſtärktem Gewichte zu beſchweren. Der Faden ſpannt und krümmt ſich mehr und mehr, es bildet ſich eine Biegung HH′, deſſen Länge man durch die Zahl der Abtheilungen beſtimmt, welche die Nadel durchlaufen hat, und nun braucht man nur die Triangel FHH′ u. F′HH′ zu berechnen, um daraus die wirkliche Länge FH′F′ des Fadens abzuleiten. Die Spannung betreffend, welche er erleidet, berechnet man dieſelbe nach den gewöhnlichen Regeln der Mechanik aus den beigefügten Gewichten, mit welchen man die Schaale beſchwerte, wobei man nöthigenfalls das Gewicht des Fadens ſelbſt mit in Rechnung bringt. 's Graveſande wieß hierdurch die vollkommene Elaſticität der Spannung bei Fäden und kleinen Platten nach, innerhalb gewiſſer Grenzen, denn ſie kehren genau in den vorigen Zuſtand zurück, ſobald die ausziehende Kraft nachläßt, und hieraus folgt als Grundgeſetz, daß innerhalb dieſer Grenzen die Verlängerungen den ausziehenden Kräften proportional ſind. Die Faden, welche einen Theil der Verlängerung, die ſie durch das Ausziehen erlitten, auch noch nach demſelben zeigen, hören deßhalb noch nicht völlig auf elaſtiſch zu ſein. Dieſer neue Zuſtand iſt analog dem urſprünglichen und auch ſie kehren innerhalb beſtimmter Grenzen dahin zurück. Man darf ſich alſo nicht wundern, wenn man

bei ein und demſelben Faden mehr oder minder elaſtiſche und mehr oder minder dichte Theile findet. —

Die *Zähigkeit* der Körper iſt der Widerſtand, den ſie dem Zerreißen entgegenſetzen, ſobald ſie in der Richtung ihrer Länge ausgezogen werden. Sei s die Zahl der Quadratmillimeter des Schnittes perpendiculär auf die Axe eines Fadens, einer Stange, oder überhaupt eines priſmatiſchen Körpers; K die Zahl Kilogrammes, welche nöthig ſind, um mittelſt Ausziehens das Zerreißen zu bewirken. Nimmt man an, daß die Kraftäußerung ſich gleichförmig zwiſchen alle Quadratmillimeter des Schnittes s vertheile, ſo iſt klar, daß $\frac{K}{s}$ die Kraftäußerung für ein Quadratmillimeter ſein muß; dieß iſt alſo im Allgemeinen der Ausdruck für das Maß der Zähigkeit. Es wird folglich eine Subſtanz die doppelte Zähigkeit einer anderen beſitzen, wenn der Werth von $\frac{K}{s}$ für die erſte doppelt ſo groß, wie für die zweite iſt.

Zähigkeit verſchiedener Körper, oder Zahl der Kilogrammes, welche ein Quadratmillimeter trägt:

Name der Subſtanzen.	Kilogrammes.	Mittlere Zähigkeit.	Namen der Beobachter.
Eiſen in Dräbten unausgeglüht, No 1 — 23, (Franche-Comté)	50 — 87	68	Seguin d. Aeltere
Eiſen in Drähten unausgeglüht, No 4 — 19, (Ferriere, St. Gingolf)	50 — 84	67	Dufour
Eiſen in Drähten (Bourgogne)		60	Buffon
" " " (engliſches)		64	Telford
" " " geglühtes ... ohngefähr	36 — 44	40	
Eiſen in quadratiſchen oder rectangulären Barren	30 — 60	45	Seguin d. Aeltere
Daſſelbe	32 — 56	43	Peronnet
Daſſelbe		47	Soufflot u. Rondelet
Daſſelbe, engliſch		46	Telford
Gegoſſenes Eiſen		14	Brown
Horizontal gegoſſenes Eiſen		13	G. Rennie
Vertical gegoſſenes Eiſen		14	Derſelbe
Barren von gemeinem engliſchen Stahl		28	Brown
Derſelbe gegoſſen		44	Derſelbe
Eiſenblech in der Richtung der Plattung	36 — 45	41	Navier
Daſſelbe perpendiculär auf dieſe Richtung	33 — 39	36	Derſelbe
Meſſing in Drähten, ungeglüht	40 — 80	60	Dufour
Daſſelbe, geglüht	20 — 40	30	Derſelbe
Rothkupfer, geplattetes		21	Navier
Blei, geplattetes		1,35	Derſelbe
Glas, in Stangen oder Röhren	1,7 — 3,3	2,5	Derſelbe

Man ſieht an den Eiſen- und Meſſingdrähten, daß das Ausglühen gewöhnlich die Zähigkeit, und zwar faſt bis auf die Hälfte vermindert. Aus der vollſtändigen Tabelle von *Seguin* erſieht man auch, daß die Zähigkeit der Drähte in dem Maße ſteigt, als ihre Durchmeſſer abneh-

men, wenn ſie nur nicht zu fein werden; dieſe beiden Umſtände ſtehen gewiß im Zuſammenhang.

Biegt man einen Körper innerhalb der Grenzen ſeiner Elaſticität, ſo nimmt er genau die vorige Geſtalt an, ſobald die wirkende Urſache nachläßt. Während der Biegung erleidet er zu gleicher Zeit eine Ausdehnung und eine Zuſammenpreſſung, denn alle Faſern, oder alle Fädchen, welche man an der convexen Oberfläche zuſammenfaſſen kann, werden augenſcheinlich verlängert, während ſie an der concaven Oberfläche verkürzt oder zuſammengedrückt werden, und zwiſchen dieſen beiden Lagen muß es nothwendig welche geben, die weder eine Verlängerung, noch eine Zuſammenziehung erleiden. Dieß ſieht man (Fig. 265.) an dem Cylinder AB, welcher an ſeinem Ende A eingezwängt, an ſeinem Ende B durch ein Gewicht ausgezogen wird. Die Fäden ab ſind verlängert, die Fäden a′b′ verkürzt, und die Fäden, welche ihre Länge behalten, bilden eine beſtimmte Oberfläche, wie pqrs. Alſo in Folge der doppelten Elaſticität der Spannung und der Zuſammendrückung begibt ſich der Cylinder AB in ſeine urſprüngliche Lage, wenn man das Gewicht P wegnimmt. Dieß hier von einem Cylinder Geſagte läßt ſich auf jeden prismatiſchen Körper ausdehnen, er mag nun eingezwängt, oder auf zwei Stützen geſetzt ſein. Doch hat man über dieſen Gegenſtand bis jetzt entweder nur praktiſche Unterſuchungen geführt, um den Zuſammenhalt der Materien, aus denen die Körper conſtruirt waren, kennen zu lernen, oder rein mathematiſche, für welche hier nicht der Ort iſt. Es iſt daher ein Gegenſtand fernerer Forſchungen der Phyſiker, es durch fortgeſetzte Verſuche dahin zu bringen, den Coefficienten für die Elaſticität der Spannung und die Elaſticität der Zuſammendrückung zu beſtimmen.

Um eine Idee von der Wirkung zu bekommen, welche die Flüſſigkeiten auf die Wände der Gefäße ausüben, nehmen wir einen Ring ATBG (Fig. 266.), oder vielmehr einen biegſamen Faden, deſſen ſämmtliche Punkte von innen nach außen durch gleiche Kräfte CA, CT u. ſ. w. einen Druck erleiden. Iſt er elaſtiſch, ſo iſt klar, daß alle die normalen Kräfte, welche ihn anfangs zu ſpannen, dann zu zerreißen ſuchen, ſich in tangentiale, wie TF u. TF′ verwandeln, welche unmittelbar dahin arbeiten, den Körper zu trennen, wie das Ausziehen nach der Längenaxe eines Fadens ihn zu zerreißen ſtrebt. In der Mechanik werden die Geſetze entwickelt, nach welchen die Umbildung der normalen Kräfte in tangentiale erfolgt, wobei man auf den Schluß kommt, der uns hier zum Anhaltepunkte dient: daß die Spannung T, welche längs der Tangenten TF, TF′ erfolgt, gleich iſt dem normalen Druck P, der ſich nach CA, CT u. ſ. w. richtet, multiplicirt mit dem Radius R des Ringes. Man erhält alſo die Gleichung $T = PR$.

Betrachten wir nun eine cylindriſche horizontale Röhre, gefüllt mit einer Flüſſigkeit, welche ſich unter irgend einem Druck ergießt, ſo erfährt jeder von ihren perpendiculären Schnitten normale Drucke, wie der Ring, von dem wir eben ſprachen, und daraus entſteht eine Spannung, oder eine Kraftäußerung, welche ihre Wände parallel der Axe

zu zerbrechen ſtrebt. Man erhält alſo $T = PR$, wobei T die Spannung, P den Druck auf die Einheit der Oberfläche oder auf ein Quadratmillimeter, und R den Halbmeſſer der Röhre, gleichfalls in Millimetres ausgedrückt, bedeutet. Die Wände erleiden keinen Druck in der Längenrichtung, wenn wir annehmen, daß die Flüſſigkeit ſich frei durch die beiden Enden ergießt. — Sei E die Dicke des Rohrs in Millimetres, und T' die Zähigkeit der Subſtanz für ein Quadratmillimetre, ſo erhält man $T'E$ als die Anzahl Kilogrammes, welche ein Schnitt der Röhre, perpendiculär der Axe und ein Millimeter lang, tragen könnte, ohne zu brechen. Es mußte alſo nothwendig die Spannung T, welche ſie erfährt, höchſtens gleich ſein $T'E$; dieß gibt $T = T'E$, und in Folge der vorhergehenden Gleichung $T'E = PR$; woraus $E = \frac{PR}{T'}$. Dieß die Dicke, die man einer Röhre geben müßte, um ſie vor dem Zerplatzen zu bewahren. So ſteht alſo dieſe Dicke im geraden Verhältniß zu dem inneren Druck und dem Halbmeſſer, aber im umgekehrten zur Zähigkeit. Als Beiſpiel diene die Unterſuchung, unter welchem Druck eine Bleiröhre von 5 Millimeter Dicke, und 25 Millimeter innerem Halbmeſſer zerreißen muß, wenn die Zähigkeit des Bleies, wie S. 501 geſehen, $1^k,35$ beträgt. Man findet es, wenn man in der Rechnung $P = 0^k,27$ anſetzt. Da nun aber eine Atmoſphäre auf ein Quadratmillimeter einen Druck von $0^k,01$ ausübt, ſo ergibt ſich daraus, daß die Röhre einen Druck von 27 Atmoſphären aushalten könnte. In der That fand Jardine in Edinburg, daß eine Bleiröhre, die ohngefähr die vorhin angeführten Dimenſionen hatte, ohne merkliche Veränderung den Druck von 800 Fuß Waſſer, das iſt von etwa 24 $\frac{1}{2}$ Atmoſphären aushielt, dagegen bei 1000 (engl.) Fuß, ohngefähr 30 Atmoſphären, ſprang. Wäre der Durchmeſſer der Röhre doppelt ſo groß geweſen, ſo hätte ſie nur ohngefähr 15 Atmoſphären aushalten können. — Bei den an beiden Enden geſchloſſenen Röhren, bringen die auf die Begrenzungsflächen ausgeübten Drucke ein Ausziehen in die Länge zu Wege, und man ſieht leicht, daß dieſe Ausdehnung, auf die Einheit der Oberfläche übergetragen, $\frac{PR}{2}$ beträgt, oder nur die Hälfte der Kraft, welche die Röhre parallel der Axe zu zerplatzen ſtrebt. Aus demſelben Grunde beträgt die auf jede Einheit der Oberfläche in einem ſphäriſchen Gefäß ausgeübte Spannung gleichfalls $\frac{PR}{2}$, und die Beziehung, welche zwiſchen dem Druck auf die Begrenzungsflächen P, der Dicke E, dem Halbmeſſer R und der Zähigkeit T' ſtattfindet, wird ausgedrückt durch $E = \frac{PR}{2T'}$. Da die geringſte Zähigkeit des Eiſenblechs $36^k,4$ für ein Quadratmillimeter betrug, ſo begreift man, daß eine Kugel von 168 Millimeter im Durchmeſſer, verfertigt aus Eiſenblech von 2,6 Dicke, platzen muß, ſobald der Druck P $1^k,13$ d. i. ohngefähr 113 Atmoſphären auf das Quadratmillimeter beträgt. Auch fand wirklich Navier, daß eine Kugel aus trefflichem Eiſenblech

von den eben angeführten Dimenſionen bei 140 Atmoſphären platzte, wobei die Subſtanz ohne Zweifel eine etwas größere Dichtigkeit, als 36,4 beſaß. Navier hat in ſeinem Werke „Résumé des leçons dornées à l'Ecole roy. des ponts et chaussées“ eine auf ſehr einfache aber ſehr ſinnreiche Beobachtungen gegründete vollſtändige Theorie über den Widerſtand der Gefäße gegeben

Die Leichtigkeit, mit welcher die feinen Metalldrähte zuſammengedreht werden können, und die Regelmäßigkeit, mit welcher ſie zu ſich ſelbſt zurückkehren, um ihre frühere Stellung wieder einzunehmen, führte die Phyſiker zu mehren wichtigen Entdeckungen. Coulomb war der erſte, der dieſe Erſcheinung der verdienten Aufmerkſamkeit würdigte, und auch davon die glücklichſte Anwendung machte, indem er mittelſt ſeiner Drehwage die Grundgeſetze der electriſchen und magnetiſchen Fluida beſtimmte. Einige Jahre ſpäter gelangte Cavendiſh zu einem noch außerordentlicherem Reſultate, indem er die Dichtigkeit und folglich das Gewicht der Erde mittelſt der Drehung eines kleinen Silberfadens von einigen Decimetres Länge und einigen Hunderttheilmillimetres Durchmeſſer auffand. Ehe wir die Geſetze der Drehung berichten, wie ſie Coulomb an der Seide, den Haaren und feinen Metallfäden beobachtete, geben wir eine Beſchreibung des Apparates, deſſen man ſich bei dieſen feinen Verſuchen bedienen kann. Fig. 267. iſt PP′ Fuß des Apparates, welcher drei Rollſchrauben führt, TT′ eine verticale Röhre von ſehr feſtem Meſſing, CC′ der untere Läufer, der in C′ in eine Scheibe ausgeht, die in Grade getheilt werden kann, oder auf welcher man eine Kreiseintheilung anbringt, SS′ der obere Läufer, der in S′ in eine Zange ausgeht, mittelſt welcher man das Ende des Fadens befeſtigt; NN′ die Zange, welche das Ende des Fadens feſthält, und auf Cylinder von verſchiedenem Gewicht oder von verſchiedenen Halbmeſſern aufgeſchraubt werden kann. Dieſe Cylinder können aus Metall beſtehen, wenn man Verſuche mit Metallfäden macht, aber für Seide und Haare iſt es beſſer, ſie ſind von Holz oder Elfenbein. Hier nun die Grundgeſetze, welche ſich durch Verſuche feſtſtellen laſſen: (Vergl. d. Art. Drehwage, Magnetismus, Elektrometer.)

1) Beſchwert man einen Faden mit verſchiedenen Gewichten, ſo verharrt er gemeiniglich in verſchiedenen Stabilitätsſtellungen. — Dieſe Verſchiedenheit kann ſich zuweilen bis auf einen halben, oder ſelbſt bis auf einen ganzen Umkreis erſtrecken. Um dieſes Reſultat zu erhalten, befeſtigt man an der untern Zange eine Art von kleiner Wagſchaale, auf welche man nach und nach Gewichte legt, wobei man jedesmal die Stellung eines Punktes des Index zur Kreiseintheilung der Scheibe C′ bemerkt, deren Centrum über der Verlängerung des Fadens iſt. Eine Vereinigung von mehren Fäden zeigt dieſelbe Erſcheinung. Will man alſo z. B. eine Magnetnadel an einem Büſchel glatter Seide aufhängen, ſo iſt es wichtig, im Voraus die Stellung des Gleichgewichts dieſes zuſammengeſetzten Fadens zu finden, indem man ein Gewicht daran hängt gleich dem der Magnetnadel, welche er tragen ſoll. Ein ſtärkeres oder geringeres Gewicht würde ihm eine Drehung geben, welche wahrſcheinlich auf die Weite der täglichen Abweichungen einen merkli-

chen Einfluß äußern würde. — 2) Die Schwingungen des Fadens ſind gleichzeitig, d. i. ſie werden alle in einer u. derſelben Zeit vollendet, wie groß auch ihre Weite ſei, vorausgeſetzt, daß dieſe Weite nicht eine gewiſſe von der Natur und Länge des Fadens abhängige Grenze überſchreitet. Z. B. für einen Eiſendraht von 9 Zoll Länge und von einem ſolchen Durchmeſſer, daß ein 6 Fuß langer Draht davon nur 5 Gran wiegt, ſind die Schwingungen ſehr merkbar gleichzeitig, wenn ihre Weite nicht die eines Halbumkreiſes überſchreitet; wäre aber die urſprüngliche Entfernung gleich dreimal dem ganzen Umfang, ſo würden daraus Schwingungen von 6 Umfangsweiten entſtehen, die ungefähr um $\frac{1}{20}$ oder $\frac{1}{30}$ langſamer wären, als die erſten. In allen Folgenden ſprechen wir nur von ſehr kleinen, d. i. gleichzeitigen Schwingungen. Um dieſes Geſetz der Gleichzeitigkeit durch die Erfahrung zu beſtätigen, bedient man ſich des oben beſchriebenen Apparats (Fig. 267.), man befeſtigt den Faden an die obere Zange, und beſchwert ihn mit einem Gewicht von cylindriſcher Form, ſtark genug, um ihn zu ſpannen, und zu ſchwach, um ihn auszuziehen, und wenn das Gleichgewicht gut hergeſtellt iſt, ſo dreht man den Cylinder um 50, 100, ſelbſt 180 Grad, mit der Vorſicht, ihn in ſeiner Axe zu erhalten, welche auch die Axe des Fadens iſt; hierauf überläßt man dieſen ſich ſelbſt; die Schwingungen beginnen, man zählt ſie von einem beſtimmten Moment an, mittels eines an dem Cylinder angebrachten Zeigers, und mißt die Zeit mittels einer guten Secundenuhr. Aus den Geſetzen der Mechanik erhellt, daß bei der Gleichzeitigkeit der Schwingungen nothwendig die Drehkraft, welche ſie hervorbringt, proportional dem Drehungswinkel ſein muß. Dieſes Grundgeſetz könnte man ſich auch durch die bloße Erfahrung verdeutlichen. Man braucht nur die Beobachtung feſtzuhalten, daß die Kraft, mit welcher der Magnetismus der Erde eine Magnetnadel in den magnetiſchen Meridian zu lenken ſtrebt, augenſcheinlich dem Sinus des Winkels, den dieſe Nadel mit dem Meridian macht, oder dem Winkel ſelbſt, wenn dieſer nicht 8 — 10° überſchreitet, proportional iſt. Befände ſich alſo eine horizontal ruhende und nach der Ebene des Meridians gut gerichtete Magnetnadel auf der Drehwage, ſo müßte man, um ſie z. B. um 3 Grad abweichen zu machen, das obere Mikrometer um 47°, und für eine Abweichung von 6 Grad um 94° wenden. Im erſten Falle beträgt der Drehungswinkel 47 — 3 = 44, und im zweiten 94 — 6 = 88. Aber die zweite Drehkraft muß doppelt ſo groß, als die erſte ſein, weil ſie einer magnetiſchen Kraft, deren Wirkung die doppelte, gleichkommt. Folglich iſt die Drehkraft proportional dem Drehungswinkel. — 3) Die Schwingungszeiten verhalten ſich zu einander, wie die Quadratwurzeln der den Faden ſpannenden Gewichte. Dieſe Wahrheit kann mit großer Genauigkeit nur an Fäden nachgewieſen werden, welche zugleich geſchmeidig genug ſind, um durch ein ſehr kleines Gewicht geſpannt zu werden, und zähe genug, um ein beträchtliches Gewicht zu tragen, ohne ausgezogen zu werden. Denn man kann dann, innerhalb dieſer beiden Grenzen, Gewichte nehmen, die ſich z. B. unter einander, wie die Zahlen 1, 4, 9, 16, 25 u. ſ.

w. verhalten, und durch Schwingungen analog den vorhergehenden erkennen, daß die Schwingungszeiten ſich unter einander verhalten, wie die Zahlen 1, 2, 3, 4, 5 u. ſ. w. Man braucht kaum noch hinzuzufügen, daß alle dieſe verſchiedenen Gewichte im weſentlichen Cylinder von demſelben Halbmeſſer ſein, u. auch gleich gut polirte Oberflächen haben müſſen. Man beweiſt durch die Grundgeſetze der Mechanik, daß dieſes dritte Geſetz nur ſtattfinden kann, wenn die Drehungskraft des Fadens bei den verſchiedenen ihn ſpannenden Gewichten genau dieſelbe bleibt. 4) Die Schwingungszeiten verhalten ſich unter ſich wie die Quadratwurzeln aus den Längen des Fadens, d. h. wenn man verſchiedene Längen ein und deſſelben Fadens nimmt, dieſe nach einander dem Apparat (Fig. 267.) auf die Weiſe anpaßt, daß die zwiſchen beiden Zangen enthaltenen Längen ſich zu einander verhalten, wie die Zahlen 1, 4, 9, 16, 25 u. ſ. w. und dieſe ſchwingen läßt, indem man ſie mit ein u. demſelben Gewicht beſchwert, ſo werden ſich die Schwingungszeiten zu einander verhalten, wie die Zahlen 1, 2, 3, 4, 5 u. ſ. w. Da die Dauer der Schwingungen wächſt mit der Länge des Fadens, ſo iſt klar, daß die Drehkraft abnimmt, u. man beweiſt durch die Theorie, daß ſie mit der Länge des Fadens im umgekehrten Verhältniß ſteht, denn dieſe Hypotheſe iſt es einzig, welche das vorhergehende Experimentalgeſetz zur Folge hat. Endlich kann man dieſe theoretiſche Wahrheit durch die Beobachtung rechtfertigen, daß, unter demſelben Drehungswinkel die Entfernung der Beſtandtheilchen (die Schwingungsweite) auf die Hälfte reducirt wird, bei doppelter Länge des Fadens, auf das Drittheil, bei dreifacher Länge u. ſ. w., und daß die Annahme, die Drehungskraft werde auf die Hälfte, das Drittheil u. ſ. w. reducirt, ganz einfach iſt, weil ſie nur beweiſt, daß die Drehkraft proportional iſt der Entfernung der Beſtandtheilchen, wie man dieß auch a priori vorausſetzen könnte. 5) Die Schwingungszeiten ſtehen im umgekehrten Verhältniſſe der Quadrate der Durchmeſſer der Fäden, d. i., nimmt man nach und nach Fäden von derſelben Subſtanz und derſelben Länge, deren Durchmeſſer ſich unter einander verhalten mögen, wie die Zahlen 1, 2, 3, 4, und läßt man ſie, nachdem man ſie mit ein und demſelben Gewicht beſchwert hat, ſchwingen, ſo werden die Schwingungszeiten im umgekehrten Verhältniß der Zahlen 1, 4, 9, 16 u. ſ. w. ſtehen. Man zieht daraus durch die Theorie den Schluß, daß die Drehkräfte ſich zu einander verhalten, wie die 4ten Potenzen der Durchmeſſer der Fäden, denn die Drehkräfte ſtehen im umgekehrten Verhältniß der Quadrate der Schwingungszeiten. Nachdem die Erfahrungsgeſetze über die Drehung feſtgeſtellt, und den theoretiſchen Geſetzen genähert ſind, dürfte es vielleicht nicht unnütz erſcheinen, wenn wir die folgende alle dieſe Reſultate enthaltende Formel geben. Sie heißt $T^2 = \frac{\pi^2}{2} \frac{PR^2}{gF}$, wobei π das genäherte Verhältniß des Umfangs zum Diameter, 3,141592, g die Schwerkraft zu Paris, oder $9^{m},8088$, wenn man das Metre als Längeneinheit, und eine Sexageſimalſecunde als Zeiteinheit annimmt, T Dauer einer Schwin=

gung in Secunden ausgedrückt, P das cylindriſche Gewicht, welches den Faden ſpannt, R den Halbmeſſer des Cylinders, deſſen Gewicht P iſt, und der in Metres ausgedrückt werden muß, endlich F die Drehkraft des Fadens, d. h. die Kraftäußerung bedeutet, welche man am Ende eines Hebels von einem Meter Länge ausüben müßte, um ihn in einem Bogen geſpannt zu erhalten, deſſen rechtliniger Werth auch ein Metre betrüge, wobei man ihn für eine Peripherie, deren Radius ein Metre, berechnet. So wird alſo die Drehkraft durch ein Gewicht ausgedrückt, und in Grammen oder Kilogrammen gegeben, je nachdem man das Gewicht P mittels der einen oder der andern dieſer Einheiten ausgedrückt hat. Dieſe Formel kann dazu dienen, den abſoluten Werth der Drehkraft zu berechnen, und die verſchiedenen Verhältniſſe zwiſchen dieſer Kraft und der Dauer der Schwingungen, ihrer Weite, dem Cylindergewicht, welches den Faden ſpannt, und ſeinem Halbmeſſer zu veranſchaulichen. Z. B. bei einem Verſuche von Coulomb mit einem Eiſendrahte Nro. 12, wovon das Metre 159 Milligrammes wog, hatte man $T = 12'',1$; $P = 979{,}012$ Grammes; $R = 0{,}02143$ Metres. Die Länge des Drahtes betrug nur $0^{m},0203$. Man findet mittels dieſer gegebenen Werthe, ſeine Drehkraft ſo beſchaffen, daß man, um ihn um eine ganze Peripherie gedreht zu erhalten, auf das Ende des einen Arms eines Hebels von 1 Metre Länge, eine Kraft von $0^{gr},00968$, oder ungefähr ein Centigramme ausüben müßte. — Man erhält die vorhergehende Formel, indem man vorausſetzt, daß die Drehkraft dem Drehungswinkel proportional iſt, und da ſie ausdrückt, daß die Dauer der Schwingungen von der Weite unabhängig iſt, ſo ſchließt man daraus rückwärts, daß, da die Erfahrung die Gleichzeitigkeit der Schwingungen nachweiſt, die Drehkraft dem Drehungswinkel proportional ſein muß. Für denſelben Faden, geſpannt durch die cylindriſchen Gewichte P und P′, von demſelben Halbmeſſer würde man haben $T^2 = \frac{\pi^2 PR^3}{2\,gF}$ u. $T'^2 = \frac{\pi^2 P'R^2}{2\,gF'}$ und weil die Erfahrung gibt $\frac{T^2}{T'^2} = \frac{P}{P'}$ oder $\frac{T}{T'} = \sqrt{\frac{P}{P'}}$ ſo ſchließt man daraus $F = F'$, d. h. die Drehkräfte eines Fadens ſind unabhängig von den Gewichten, welche ihn ſpannen.

Für ungleiche Längen deſſelben Fadens, geſpannt durch daſſelbe Gewicht hätte man $T^2 = \frac{\pi^2 PR^2}{2\,gF}$ und $T'^2 = \frac{\pi^2 PR^2}{2\,gF'}$ oder $\frac{T^2}{T'^2} = \frac{F'}{F}$ und weil die Erfahrung gibt: $\frac{T^2}{T'^2} = \frac{L}{L'}$ oder $\frac{T}{T'} = \sqrt{\frac{L}{L'}}$, wobei L und L′ die beiden verſchiedenen Längen ein und deſſelben Fadens ſind, ſo ſchließt man daraus: $\frac{F'}{F} = \frac{L}{L'}$, d. h. die Drehkräfte ſtehen im umgekehrten Verhältniß der Längen. Endlich, wären zwei Fäden von derſelben Subſtanz und von verſchiedenen Durch-

meſſern D und D′ durch ein und daſſelbe Gewicht geſpannt, ſo hätte man: $\frac{T^2}{T'^2} = \frac{F'}{F}$, und da die Erfahrung gibt: $\frac{T}{T'} = \frac{D^2}{D'^2}$ oder $\frac{T^2}{T'^2} = \frac{D^4}{D'^4}$ ſo ſchließt man daraus: $\frac{F'}{F} = \frac{D^4}{D'^4}$, d. h. die Drehungskräfte ſtehen im umgekehrten Verhältniß zu den 4ten Potenzen der Durchmeſſer. Noch kann man bemerken, daß, wenn ein und derſelbe Faden nach einander durch zwei Gewichte geſpannt würde, die übrigens gleich, nur von verſchiedenen Halbmeſſern wären, ſein würde $T^2 = \frac{\pi^2 P R^2}{2\,gF}$ $T'^2 = \frac{\pi^2 P R'^2}{2\,gF}$ woraus $\frac{T^2}{T'^2} = \frac{R^2}{R'^2}$ oder $\frac{T}{T'} = \frac{R}{R'}$, d. h. unter dieſen Verhältniſſen ſind die Schwingungszeiten proportional den Halbmeſſern der Gewichte, welche die Fäden ſpannen.

Alle dieſe Geſetze beſchränken ſich ohne Zweifel auf die Fälle, wo die Fäden hinlänglich geringe Dimenſionen haben, um die Möglichkeit der Bewegungen der Beſtandtheilchen, welche die Elaſticität der Drehung ausmachen, gleichmäßig in dem ganzen Umfang ihrer Maſſe zuzulaſſen. Sind dieſe Bedingungen nicht erfüllt, ſo ſind die Erſcheinungen weit zuſammengeſetzter, und man kann dann nur die Verſuche vervielfachen, um wenigſtens zwiſchen ihnen einige wahrſcheinliche Analogie herzuſtellen. Von dieſem Standpunkte aus geben wir hier Tabellen der vorzüglichſten Reſultate aus den Verſuchen über dieſen Gegenſtand in England und Frankreich, zumal dieſe Tabellen mehre Zahlen enthalten, die für das practiſche Leben nützlich ſein können.

Tabelle des Widerſtandes, welchen geſchmiedetes Eiſen der Drehung entgegenſetzt, nach Duleau.

Nähere Bezeichnung der Eiſenarten.	Länge in Metres.	Dicke in Metres.	Drehungswinkel, hervorgebracht durch ein Gewicht von 10 K., welches auf das Ende eines Hebelarmes von 0^m,32 wirkt.
Rundes Eiſen von Perigord	2,81	0,0142	13,4
Daſſelbe	3,17	0,0197	6,
Rundes engl. Eiſen, bez. Doveloïs	2,40	0,0198	4
Rundeiſen von Arriege	3,57	0,0215	4,8
Daſſelbe	2,89	0,0215	4,5
Rundeiſen von Perigord	3,19	0,0221	3,32
Daſſelbe	2,89	0,0230	3,
Engliſches Rundeiſen	3,24	0,0235	2,34
Rundeiſen von Perigord	2,94	0,0265	1,82
Daſſelbe	3,35	0,0267	1,87
Daſſelbe	2,92	0,0357	0,625
Rundeiſen von Arriege	2,77	0,0268	1,65
Engl. Stabeiſen, gez. c2	4,12	Seiten 0,0200	6,5

Nähere Bezeichnung der Eiſenarten.	Länge in Metres.	Dicke in Metres.	Drehungswinkel, hervorgebracht durch ein Gewicht von 10 K., welches auf das Ende des Hebelarmes von 0^{m},32 wirkt.
Engl. Stabeiſen, gez. 0,2	2,52	0,0200	4,
Stabeiſen von Perigord....	2,52	0,0204	3,08
Desgleichen.............	3,39	0,0326	0,62
Engliſches Tafeleiſen........	2,91	{ 0,0340 0,0086	11,4
Desgleichen.............	1,55	{ 0,0340 0,0086	5,62
Tafeleiſen von Perigord....	2,91	{ 0,0340 0,0105	7,2
Engl. Tafeleiſen, gez. B.	1,45	{ 0,0678 0,0147	0,85

Tabelle des Widerſtandes, welchen verſchiedene Metalle dem Zerreißen durch Drehung entgegenſetzen, nach Rennie.

Anzeige der der Drehung unterworfenen Körper.	Länge der Stücke		Im Quadrat		Gewicht, welches das Zerreißen hervorbrachte, mittelſt eines Hebels von 2 engl. Fuß Länge.	
	in engl. Zoll.	in Metres.	in engl. Zoll.	in Metres.	in ſchwer. engl. Pf.	in Kilogr.
					Pf. Unz.	K.
Horizontal gegoſſ. Eiſen...	0,	0	$\frac{1}{4}$	0,006	9,15	4,501
Vertical gegoſſenes Eiſen....	0	0,	$\frac{1}{4}$	0,006	10,10	4,813
Horizontal gegoſſ. Eiſen....	$\frac{1}{2}$	0,012	$\frac{1}{4}$	0,006	7,3	3,255
Desgleichen.............	$\frac{3}{4}$	0,025	$\frac{1}{4}$	0,006	8,1	3,652
Desgl....................	1	0,012	$\frac{1}{4}$	0,006	8,8	3,850
Vertical gegoſſenes Eiſen....	$\frac{1}{2}$	0,018	$\frac{1}{4}$	0,006	10,1	4,567
Desgl...	$\frac{3}{4}$	0,025	$\frac{1}{4}$	0,006	8,9	3,386
Desgl....................	1	0,150	$\frac{1}{4}$	0,006	8,5	3,766
Desgl....................	6	0	$\frac{1}{4}$	0,006	9,12	4,416
Horizontal gegoſſ. Eiſen....	0	0	$\frac{1}{2}$	0,012	93,12	42,183
Desgl....................	0	0,254	$\frac{1}{2}$	0,012	74,00	33,522
Desgl....................	10	0	$\frac{1}{2}$	0,012	52,00	23,556
Stahl	0	0	$\frac{1}{4}$	0,006	17,1	7,727
Schmiedeeiſen von England..	0	0	$\frac{1}{4}$	0,006	10,2	4,584
Schmiedeeiſen von Schweden	0	0	$\frac{1}{4}$	0,006	9,8	4,303
Hartes Kanonenmetall........	0	0	$\frac{1}{4}$	0,006	5,0	2,255
Feine Bronze.......	0	0	$\frac{1}{4}$	0,006	4,11	2,123
Gegoſſenes Kupfer..........	0	0	$\frac{1}{4}$	0,006	4,5	1,953
Zinn	0	0	$\frac{1}{4}$	0,006	1,7	0,650
Blei	0	0	$\frac{1}{4}$	0,006	1,0	0,453

Die Enden jedes Stücks waren in viereckigen ſehr genau ſchließenden Mutterſchrauben befeſtigt. Die Länge jedes Stücks iſt der Inbegriff der Länge zwiſch. den Schrauben.

Tabelle des Widerſtandes, welchen das Rundeiſen dem Zerreißen entgegenſetzt, nach Dunlop.

Länge der Stücke		Durchmeſſer		Gewicht, welches das Zerreißen herbeiführt, bei einer Länge des Hebelarmes, von 14 F., 2 Zoll engl.	Gewicht, welches das Zerreißen bewirkt, indem man die Unterlage des Hebels um ein Metre fortrückt	
engliſche Zoll.	franzöſiſche Zoll.	engliſche Zoll.	franzöſ. Zoll.		in ſchwer. engl. Pfd.	in Kilogrammes.
2,750	0,0698	2,	0,0508	250	1097,4	497,12
3,250	0,0825	2,25	0,0571	384	1685,7	763,61
3,	0,0762	2,50	0,0635	408	1791,2	811,36
3,	0,0762	2,75	0,0698	700	3073,0	1391,5
4,	0,1016	3,25	0,0825	1170	5136,3	2326,7
5,	0,1270	3,50	0,0889	1240	5443,6	2466,0
5,	0,1270	3,75	0,0952	1662	7296,1	3305,1
5,	0,1270	4,	0,1016	1938	8200,0	3707,7
6,	0,1524	4,25	0,1079	2158	9473,5	4291,5

Spannungsreihe, galvaniſche, der Metalle, heißt die Ordnung, in welcher ſich die Metalle vom poſitivſten bis zum negativſten folgen.*) Eine ſolche Reihenfolge muß, wenn wir ſie im Allgemeinen mit a, b, c, d . . . . x, y, z bezeichnen, von der Art ſein, daß bei jeder Combination zweier Metalle, ein um ſo größerer elektriſcher Gegenſatz ſtattfinden muß, je weiter die Metalle in der Reihe von einander abſtehen, (alſo daß der elektriſche Gegenſatz von a und z größer als der von a und x, dieſer größer als der von a und d, jede Combination von a mit irgend einem andern Metalle, größer als die von a mit b ſein muß u. ſ. w.), und daß jedes Metall gegen jedes folgende poſitiv, dieſes negativ werden muß, gegen jedes vorhergehende negativ, dieſes poſitiv (alſo z. B. a gegen alle übrigen poſitiv, d gegen e, f, g, h . . . x, y, z poſitiv, gegen a, b, c negativ, u. ſ. w.). Man hat verſchiedene Mittel angewendet, eine ſolche Reihenfolge der Metalle zu entdecken. Es iſt jedoch in Bezug auf alle zu bemerken, daß bei ihnen nicht hinreichend Rückſicht auf den chemiſchen Einfluß genommen worden iſt, welchen die feuchten Leiter bei ihrer Zwiſchenleitung auf die Metalle ausüben. Im Art. Galvanismus ſind Erſcheinungen angegeben, welche einen Einfluß auf das elektromotoriſche Verhältniß der Metalle darthun, und es kann beiſpielsweiſe in dieſer Beziehung die Erinnerung an das Phänomen dienen, daß ſogar daſſelbe Metall mit ſich in elektriſchen Gegenſatz tritt, wenn eine ungleichzeitige Eintauchung in dieſelbe leitende Flüſſigkeit erfolgt. (S. d. Art. Galvanismus S. 612.). Um eine Spannungsreihe der Metalle ohne

*) Vergl. d. Art. Galvanismus S. 487.

den die Reſultate zweifelhaft machenden Einfluß der leitenden Flüſſigkeit zu erhalten, müßte man ſo verfahren, daß von zwei Metallen, welche ſich mit geglätteten Oberflächen berühren, das eine iſolirt abgehoben, ſeine durch die Berührung erlangte Elektricität an den Condenſator übertragen, und nach einigemal wiederholter Operation die Elektricität geprüft wird, die der Condenſator durch die wiederholte Uebertragung angenommen hat. Man kann ſich bei dieſem Verfahren eines Condenſators aus demſelben Metalle zur Prüfung aller Metalle bedienen, wofern man nur die Metalle ſelbſt ſich mit hinlänglich großen und glatten Oberflächen berühren läßt, bei der Uebertragung aber den Condenſator jedesmal nur in Einem Punkte berührt. Dieß Mittel ſteht indeß andern an Empfindlichkeit nach, und wir beſitzen keine nach demſelben angeſtellte ausgedehnte Verſuchsreihe. Eine gewöhnliche Anwendungsart des Condenſators zur Herſtellung einer galvaniſchen Spannungsreihe iſt die, daß man ein Metall einerſeits in directe Berührung mit dem Metalle des Condenſators, anderſeits in Gemeinſchaft mit dem Erdboden durch den Finger oder einen andern feuchten Leiter ſetzt, wo man das elektriſche Verhältniß, welches zwiſchen dem angewandten Metall und dem Metall des Condenſators ſtattfindet, erfährt. Will man nach dieſem Verfahren das elektriſche Verhältniß eines Metalls auch gegen andere Metalle, als das des Condenſators prüfen, ſo iſt man genöthigt, das eine der ſich berührenden Metalle, deſſen Elektricität am Condenſator entdeckt wird, durch einen feuchten Leiter vom letztern zu trennen, während das andere durch einen eben ſolchen Leiter mit dem Boden in Verbindung ſteht, oder man muß, wie von Pfaff geſchehen, aus der verhältnißmäßigen Stärke der Wirkungen, die verſchiedene Metalle, nach einander am Metalle des Condenſators geprüft, zeigen, auf ihre elektriſche Reihenfolge ſchließen.*) Aehnliche Unſicherheit findet nun auch

*) Fechner bemerkt in Bezug auf dieſe Verſuche: Wie man auch verfahren mag, wenn der feuchte Leiter, durch den das eine Metall mit dem Boden in Verbindung ſteht, eine merkliche verändernde Wirkung auf dieſe zu äußern vermag, ſo wird man nicht mehr die elektromotoriſche Wirkung des unveränderten Metalles erhalten. Ich habe mich hiervon ſpeciell überzeugt, indem ich Eiſen, welches am meſſingenen Condenſator angebracht ward, ſucceſſiv durch gemeines Waſſer, durch rauchende Salpeterſäure und durch ſalpeterſaure Silberauflöſung mit dem Boden in Verbindung ſetzte; im erſten Falle erhält der Condenſator negat. Elektricität, wie in der That dem Verhältniß das Meſſing zum unveränderten Eiſen entſpricht, in den beiden andern aber poſit. Elektricität. Eben ſo habe ich mich überzeugt, daß Kupfer, wenn man es durch concentrirte Schwefelleberlöſung mit dem Boden in Verbindung ſetzt, gegen Eiſen poſitiv zu ſein ſcheint. Man kann die bei derartigen Verſuchen eintretende Zweideutigkeit ſehr vermeiden und ſo zu ſagen unmerklich machen, wenn man ſtets ſolche Zwiſchenflüſſigkeiten anwendet, welche kaum in Betracht kommende ſchnelle Einwirkung auf das Metall äußern, und wenn man im Falle ja vorkommender Umkehrungen, die Erſtwirkung als die wahre annimmt.

bei andern Verſuchsweiſen ſtatt. Stehen die Metalle nur in ſchwachem elektromotoriſchen Gegenſatze, und gibt deßhalb eine einzelne Combination am Condenſator nur ſchwache Wirkung, ſo kann man die Wirkung durch Schichtung der Metalle zu einer Säule verſtärken; welches Mittels ſich Ritter häufig bedient hat. Auch der Froſchſchenkel kann man ſich zur Prüfung der Metalle bedienen. Wenn man nämlich an zwei präparirten Froſchſchenkeln (ſ. d. Art. Galvanismus), die durch ihre Muskeln in Berührung ſtehen, den Nerven des einen mit einem, den Nerven des andern mit einem andern Metalle verbindet, und den Kreis ſchließt (indem beide Metalle verbunden werden), ſo wird die Zuckung in der Regel allein oder doch am ſtärkſten an dem Schenkel erfolgen, deſſen Nerv mit dem poſitiven Metalle armirt iſt, die Zuckung bei der Trennung dagegen, wo ſie beobachtet wird, am anderen. Indeß fand Ritter ſpäter ſelbſt, daß „nur bei einem gewiſſen mittleren Verhältniß der Reizbarkeit“ des Froſchpräparats zur Intenſität der elektromotoriſchen Wirkung der geprüften Metalle der angegebene Erfolg ſicher erhalten werde. Sehr erhöhte Reizbarkeit des Präparats oder ſehr ſtarke Intenſität der elektr. Wirkung könne dagegen den Erfolg grade umkehren, ſo daß die Schließungszuckung vielmehr an negativ armirten Nerven ſtattfinde. Das empfindlichſte Werkzeug zu dieſen wie zu allen Unterſuchungen über die Natur eines elektr. Stromes iſt der Multiplicator, deſſen Anwendungsart als bekannt, vorauszuſetzen.*)

Fechner hat folgende Tabelle der Reſultate, welche die verſchiedenen Beobachter nach den verſchiedenen von ihm angewendeten Methoden gefunden, zuſammengeſtellt.

---

*) Vergleiche die Artikel Multiplicator und Galvanismus. Fechner erinnert, daß bei Anwendung des Multiplicators, wie zum Theil auch bei den übrigen Verfahrungsarten gewiſſe Vorſichtsmaßregeln zu beobachten ſind. Nämlich 1) iſt darauf zu ſehen, daß die Metalle, welche geprüft werden ſollen, gleiche Temperatur haben. 2) Muß ihre mit der Flüſſigkeit in Berührung geweſenen Oberfläche ſtets durch Abfeilen oder Abreiben, oder ſonſt mechaniſche Mittel vor jeder neuen Prüfung erneuert werden; da vorhergegangene Prüfungen die Beſchaffenheit ihrer Oberfläche ſchon geändert haben können. 3) Es iſt, wenigſtens bei den unedlen Metallen, darauf zu ſehen, daß die Metalle gleichzeitig in Berührung mit der Leitungsflüſſigkeit kommen, weil ungleichzeitiges Eintauchen ſelbſt bei demſelben Metalle elektr. Gegenſatz bewirkt.

Prüfung durch den Condenſator.

Volta.	Pfaff.	[partly hidden by fold]	Avogrado und Michelotti.	de la Rive.
		…lichen …	Mit verdünnter Salpeterſäure *).	Mit verdünnter Salpeterſäure.
Zink. Blei. Zinn. Eiſen. Kupfer. Silber. Reißblei, mehre Arten von Kohle und ſchwarzer kryſt. Braunſtein.	Zink. Blei. Kadmium. Zinn. Eiſen. Wismuth. Kobalt. Arſenik. Kupfer. Antimon. Platin. Gold. Queckſilber. Silber. Kohle. Glaserz. Schwefelkies. Kupferglanzerz. Kupferkies. Bleiglanz. Zinngraupen. Kupfernickel. Arſenikkies. Schwefelmolybdän (Waſſerblei). Uranoxydul. Corniſches Zinnerz (Pecherz). Titanoxyd (ſogen. Oiſanit). Graphit. Derber Wolfram (eiſenhaltiges Scheeloxydul). Schrifterz (Legirung von Gold, Silber und Tellur). Kryſt. Graubraunſteinerz.	Zin… feine Blei… Zinn… feine Ant… Wis…. Eiſe… Kup… mal- Rei… Silb… *) kom… Silb… noch… tend. …öſun- …talle u. …game. …w. …elleber- …n.	Zink. Blei. Zinn. Eiſen. Wismuth. Kupfer. Nickel. Kobalt. Antimon. Arſenik. Queckſilber. Silber. Gold. Platin. *) Bloß bei Silber und Gold ward conc. Salpeterſäure, bei Gold und Platin Königswaſſ. angewandt.	Zink. Zinn. Queckſilber. Blei. Eiſen. Oxyd. Eiſen. Kupfer. Silber. Mit conc. Salpeterſäure. Zinn. Zink. Eiſen. Kupfer. Blei. Queckſilber. Silber. Oxyd. Eiſen.

a) Marianini hat nicht beſtimmt angegeben, …erke daß er in der Regel Regenwaſſer, welches in 100 Theilen 1 Theil Schwefelſäure und 1 Theil Salzſäu… der Benetzung mit der Leitungsflüſſigkeit und Prüfung in der ſtärkſten Glut erhalten. — c) Bald …40 Jahre lang in einer Cloake verſenkt geweſen. — e) Langſam bis zur Temperatur der Luft erkaltet …

Noch iſt eine Beobachtungsreihe von Walcker anzuführen, welche mehre Nichtleiter enthält. Die Verfahrungsart, deren ſich Walcker bediente, war folgende: Auf die mit dem einen Enddrahte des Multiplicators verbundene Platin- oder Zinkplatte legte er ein Stück Fließpapier, befeuchtete es mit der leitenden Flüſſigkeit, ſtreute den andern Erreger als Pulver (etwa in einer Oberfläche von ¼ Quad.-Zoll) darauf, befeuchtete ihn mit derſelben Flüſſigkeit, drückte ihn dann mittelſt einer dicken in ihrer Mitte mit einem Loch verſehene Glasplatte gegen die Unterlage, und berührte ihn durch das Loch mit einem Draht von demſelben Metalle, welches die Unterlage bildete. Waren die Körper loſe Pulver, ſo wurde ein Stückchen Badeſchwamm zwiſchen etne Platinpincette geſpannt, dieſen ließ man mit der Leitungsflüſſigkeit ſich vollſaugen und das zu prüfendə Pulver ſich daran anhängen, worauf der Schwamm in einen mit der Flüſſigkeit gefüllten Platinlöffel getaucht ward. Mitunter erſchien es vortheilhaft, den einen Draht mit einer Lage der zu prüfenden Verbindungen zu überziehen und beide, den überzogenen und den nicht überzogenen Draht in eine leitende Flüſſigkeit, die nicht löſend auf den Ueberzug wirken konnte, einzutauchen.

Negativ.	Poſitiv.	Leitende Flüſſigkeit.
Platin	Kyan-Eiſen	Waſſer p. *)
	(feines Berlinerblau)	Verd. Schwefelſäure f. **)
		Salzſ. Eiſen.
	Eiſenoxydo-oxydul (getrock.)	Salzſ. Kali.
		Verd. Schwefelſ. p.
	Kupferoxyd	Waſſer p.
		Verd. Schwefelſ. p.
Zink	Kyan-Eiſen	Waſſer.
Platin	Graphit	Verd. Schwefelſ.
Chlorſilber	Zink	Kochſalz p.
	Platin	Verd. Schwefelſ. p.
Kyanſilber	Platin	Verd. Schwefelſ. p.
	Silber	Verd. Schwefelſ. p.
	Zink	Glauberſalzlöſung p.
Bleioxyd	Blei	Kochſalz.
	Zink	— —
Bleiſuperoxyd	Zink	— —
	Blei	— —
Chlorblei	Blei f.	— —
	Zink f.	— —
Jodblei	Platin	— —
	Blei	— —
	Zink	— —
Schwefelblei	Blei p.	— —
(künſtliches)	Zink	— —
Eiſenperoxyd	Blei p.	— —
friſch gefällt	Silber	— —
Eiſenoxydo-oxydul	Platin p.	Aetzammoniak.
getrocknet	Kyan-Eiſen p.	Waſſer.

*) p. bedeutet, daß ſehr geringe, **) f., daß ſehr ſtarke elektriſche Strömung ſtattfand.

Negativ.	Poſitiv.	Leitende Flüſſigkeit.
Kyan-Eiſen	Platin f.	Eiſenblauſ. Kali.
	Eiſenblauſ. Kali	Waſſer.
		Alkohol p.
Graphit	Zink f.	Verd. Schwefelſ.
		Waſſer.
Kupferoxyd	Zink	Waſſer.
	Kupfer p.	Glauberſalzlöſung mit Alkohol verd. Schwefelſ.
	Platin f.	Ammoniack.
	Kohlenſ. Ammoniack	Waſſer.
Weinſteinſäure	Kupferoxyd	Waſſer.
Eiſenvitriol (calcinirt)	Kyaneiſen f.	Waſſer.
Schwefelſ. Kupfer	Kupfer	Glauberſalzlöſung mit Alkohol verd. Schwefelſ.

Fechner bemerkt, daß zu den Abweichungen in den Reſultaten der verſchiedenen Beobachter nicht allein die Anwendung verſchiedener Leitungsflüſſigkeiten, ſondern namentlich auch die verſchiedene Reinheit der angewendeten Metalle beigetragen haben möge. Denn ſo wie gewiſſe Metalle das Eigenthümliche haben, ſelbſt wenn ſie in ſehr geringem Grade andern beigemiſcht ſind, ihre Härte, Sprödigkeit, ihren Magnetismus u. ſ. w. in ſehr auffallendem Grade zu ändern, ſo finde etwas Aehnliches auch in Bezug auf die elektromotoriſchen Eigenſchaften ſtatt. Aus der Geſammtheit aller Beobachtungen ſcheint ſich nach Fechner folgende Reihe als die wahrſcheinlichſte zu ergeben: **Kalium, Baryum, Zink, Kadmium, Blei, Zinn, Eiſen, Nickel, Kupfer (Wismuth, Antimon), Arſenik, Queckſilber, Silber, Gold, Platin, Iridium, Rhodium.***)

---

*) „Mit Fleiß," ſagt Fechner, „ſind in dieſer Reihe mehre Metalle weggelaſſen, über deren Stelle noch zu viel Ungewißheit herrſcht. Bevor wir zur Rechtfertigung dieſer Reihe in einiges Detail über die einzelnen Metalle gehen, wollen wir noch auf den Umſtand aufmerkſam machen, daß, welche Beobachtungsreihe man auch zu Grunde legen mag, doch nach jeder die elektriſche Reihenfolge der Metalle wenigſtens ungefähr mit der Reihenfolge der Leichtigkeit übereinſtimmt, nach der ſich die Metalle oxydiren, ſo daß zwiſchen beiden Umſtänden ein Wechſelbezug ſtatt zu finden ſcheint. — Das Mangan, welches nach Poggendorf zwiſchen Kadmium u. Zinn, nach Marianini tiefer, zwiſchen Zinn und Blei, ſteht, habe ich aus der Reihe weggelaſſen, theils weil ich bezweifle, ob es anders als in einem oxydulirten Zuſtande hat geprüft werden können, theils, weil es überhaupt noch fraglich iſt, ob man das Mangan nach den bisher bekannten Verfahrungsarten rein von negativeren Körpern hat darſtellen können. Nach dem chemiſchen Verhalten des Mangans muß man vermuthen, daß es noch über dem Zink ſteht. — Das Blei ſteht nach allen Beobachtern über Eiſen u. ſelbſt über Zinn; leicht tritt jedoch, wenn man ſich nicht reinen Waſſers bedient, eine Umkehrung ein, ſo daß das Eiſen poſitiv gegen Blei er-

Es gibt eine große Anzahl von Umſtänden, namentlich in Bezug auf die mechaniſche Anordnung der Beſtandtheile, welche auf das elektromotoriſche Verhältniß der Metalle von Einfluß ſind. Einzelne Beobachtungen geben Beiſpiele dieſes Einfluſſes. So fand Davy, daß ein Stück ſpröden Kupfers, in dem er keine Spur von Unreinigkeit entdeckte (welche indeß doch wohl ſtattfinden mochte) negativ gegen weiches Kupfer, daß gehämmertes Kupfer negativ gegen gewalztes war. Fechner konnte bei ähnlichen Verſuchen keine beſtimmten Reſul-

---

ſcheint, ſelbſt wenn man ſich Brunnenwaſſers bedient, dagegen in wirklich reinem Waſſer das Blei ſich bleibend poſitiv gegen Eiſen verhält. Mindeſtens ſind dieß Wetzlars Erfahrungen. — Das Nickel ſteht nach Marianini und Michelotti unter Kupfer, nach Poggendorff ſogar unter Silber; deſſen ungeachtet habe ich keinen Anſtand genommen, es über Kupfer zu ſetzen; denn wahrſcheinlich war das von jenen Beobachtern angewandte Nickel mit Hilfe von Kohle reducirt, wo immer eine gewiſſe Quantität Kohle an das Nickel tritt, die dazu wirken kann, ſeine Stelle herabzurücken. Ich ſelbſt habe das von Richter ohne Zuſatz von Kohle reducirte Stäbchen Nickel, von welchem in Gilb. Ann. XVII. 487. die Rede iſt, zu prüfen Gelegenheit gehabt, und es zwiſchen Meſſing und Kupfer ſtehend gefunden. — Antimon und Wismuth ſtehen unſtreitig ſehr nahe bei einander und beim Kupfer; allein die Angaben der einzelnen Beobachter über ihr genaues Verhältniß zu einander widerſprechen ſich ſo ſehr, daß es bis jetzt noch nicht möglich iſt, dieſes als feſt beſtimmt anzuſehen; ſo z. B. ſetzt Pouillet das reine Antimon über Wismuth und Kupfer; Poggendorff dagegen reines Antimon unter beide. Kaum mindere Widerſprüche finden über das Verhältniß des Queckſilbers zu Silber ſtatt; was auch nicht ſehr zu verwundern iſt, da erſteres ſo ſchwer vollkommen rein darzuſtellen, und da ſchon ſehr geringe Beimiſchungen ſeine Stelle in der Reihenfolge bedeutend ändern können. Nach Pfaff, Ritter, Pouillet u. Avogrado ſteht es über Silber; nach Poggendorff u. Marianini unter demſelben. Volta ſetzt es einmal zwiſchen Silber u. Graphit, ein anderes Mal zwiſchen Platin und Gold, dann zwiſchen Zinn u. Eiſen, und zuletzt wieder zwiſchen Kupfer und Silber. Letzteres habe ich angenommen, da es dem chemiſchen Verhalten der Metalle am beſten zu entſprechen ſcheint, da die meiſten Beobachter darin übereinſtimmen, da Ritter ausdrücklich erwähnt, daß er ſich eines aus Zinnober deſtillirten Queckſilbers bedient habe, und da von der Sorgfalt der anderen Beobachter ebenfalls vorauszuſetzen iſt, daß aller Bedacht auf die Reinheit deſſelben genommen worden iſt. Deſſenungeachtet möchten noch Zweifel über dieſen Punkt erlaubt ſein; denn auch Marianini u. Poggendorff bedienten ſich gereinigten Queckſilbers und es ſcheint überdieß dieſes Metall leichter durch fremdartige Beimiſchungen in der Reihenfolge herauf- als herabgedrückt werden zu können. — Wo die Stelle des reinen Kohlenſtoffs in der galv. Spannungsreihe ſei, läßt ſich vor der Hand nicht mit Zuverläſſigkeit angeben, doch möchte er ſeinen Verbindungen nach zu ſchließen, zu den negativſten Körpern gehören. Die gewöhnliche Kohle, welche

tate erhalten. Walcker machte die Beobachtung, daß Kupferfeile, welche er mit einer Kupferplatte und einer Lage mit Löſungen von Glauberſalz und Kochſalz mäßig angefeuchteten Druckpapiers zur Kette ſchichtete, poſitiv gegen das ungetheilte Kupfer war. Wurde aber das Papier mit Ammoniak oder verdünnter Schwefelſäure benetzt, ſo war daſſelbe negativ. Wurde das Papier ſchwach mit Salmiaklöſung befeuchtet, ſo war die Kupferfeile poſitiv, wurde aber negativ wenn mehr Salmiaklöſung auf das Papier gegoſſen wurde, als es einzuſaugen vermochte. Gefeiltes Zinn gegen eine Zinnplatte zeigte ein ähnliches Verhalten. Derſelbe Phyſiker fand Platinſchwamm gegen verarbeitetes Platin ſtets negativ. — Seebeck machte die Bemerkung, daß jedes Metall, wenn es bis zu einem gewiſſen Grade erhitzt würde, negativ wird in Berührung mit einem zweiten Metalle, welches kalt iſt, und daß dieſes dann immer poſitiv wird, es mag nun in der Spannungsreihe über oder unter jenem Metalle ſtehen. Bei gleichmäßiger Erwärmung beider Metalle findet keine Abweichung von dem in der galv. Spannungsreihe angegebenen elektromotoriſchen Verhältniß ſtatt. — Was den Einfluß chemiſcher Beimiſchungen be-

---

freilich außer fixen fremdartigen Beimiſchungen auch ſtets abſorbirte Gasarten enthält, wechſelt, wie aus Marianini's Verſuchen hervorgeht, gar ſehr ihre Stelle, je nachdem ſie kürzere oder längere Zeit an der Luft gelegen hat, indem ſie um ſo tiefer hinabrückt, je länger ſie der Luft ausgeſetzt war. Nicht gehörig ausgeglühte Kohle iſt Nichtleiter und zu dieſen Verſuchen überhaupt untauglich. Kaſtner gibt ein Verfahren an, mittels deſſen ſich Kohle von vorzüglicher Wirkſamkeit zu galv. Verſuchen erhalten läßt. Man hält zu dieſem Zweck Stäbchen von Lindenholz unter geſchmolzenes und bis zum Sieden erhitztes Blei mittels eines eiſernen Hakens ſo lange, bis keine Spur von Holzrauch und entzündlichem Gaſe mehr entweicht, wickelt ſie dann herausgenommen in Blattplatin nnd erhält die Rolle über der Alkoholflamme eine halbe Stunde hellroth glühend. — Das bisherige betraf nur die Folge, in der ſich die Metalle vom poſitivſten zum negativſten ſuccediren; man kann aber auch wünſchen zu wiſſen, ob der Abſtand zweier Metalle in der Reihe größer oder kleiner iſt, als der zweier anderen, (d. h. ob die Intenſität der Elektr., welche die Metalle A und B bei der Combination anzunehmen vermögen, gleich der Intenſität der Elektr. iſt, welche B und C bei der Combination entwickeln), und überhaupt ein vergleichendes Maß dieſes Abſtandes zu erhalten. Für erſteren Zweck bietet ſich ein leichtes Mittel dar. Geſetzt wir wollten wiſſen, ob der Abſtand zwiſchen Blei und Kupfer größer als der zwiſchen Kupfer und Platin ſei, ſo werden wir ein Plattenpaar aus Blei und Kupfer und ein anderes aus Kupfer und Platin ſo combiniren, daß ſie, wenn die Kette deſſelben durch den Multiplicatordraht geſchloſſen wird, Ströme nach entgegengeſetzten Richtungen hervorzubringen ſtreben. Man wird dann an dem Ausſchlag des Multiplicator erkennen, welches Plattenpaar das Uebergewicht habe."

trifft, ſo hat ſich als allgemeines Reſultat ergeben, daß ein elektropoſitiver Körper, je mehr er ſich mit einem ihm an Negativität vorangehenden Körper verbindet, um ſo weiter in der galv. Spannungsreihe herabrückt. Dieß gilt wenigſtens für die Verbindungen der Metalle mit Sauerſtoff, Schwefel, Phosphor, Jod, Chlor und Kohle. Eine merkwürdige Ausnahme von dieſem Geſetze machen die Amalgame (Verbindungen der Metalle mit Queckſilber) und mehre andere Legirungen. Man findet nämlich im Allgemeinen, daß nicht nur die Amalgame ſolcher Metalle, welche negativer als Queckſilber ſind, gegen das reine Metall ſich poſitiv verhalten, ſo daß das Goldamalgam poſitiv gegen reines Gold, ſondern auch, daß Zink-, Zinn-, Bleiamalgam u. ſ. w. ſich poſitiv gegen Zink, Zinn, Blei u. ſ. w. verhalten. Aehnliche Anomalien kommen auch bei den Legirungen anderer Metalle unter einander vor. Der angegebenen allgemeinen Regel iſt die zweite analog, daß Verbindung mit einem poſitiveren Körper die Poſitivität erhöht. Es gehört zu den bekannteſten Thatſachen, daß oxydirtes Metall ſtets negativer als blankes Metall iſt. In welchem Grade die Negativität durch den Sauerſtoff erhöht werde, davon gibt das Graubraunſteinerz ein Beiſpiel. Daſſelbe iſt eine Verbindung von Mangan mit ſehr viel Sauerſtoff und nimmt die tiefſte Stelle in der elektriſchen Reihenfolge ein, während das reine Mangan eine der oberſten Stellen behauptet. Die oben angegebene Tabelle zeigt, daß auch alle Verbindungen der Metalle mit Schwefel, Kohle und Phosphor tiefer ſtehen, als die entſprechenden reinen Metalle. Aus den Beobachtungen von Pouillet ſieht man in Bezug auf die Legirungen mit anderen Metallen, daß die Schriftgießermiſchung (eine Verbindung von 1 Th. Antimon u. 4 Th. Blei), das Meſſing und die Legirung aus 2 Th. Eiſen und 1 Th. Antimon in der Reihenfolge zwiſchen die Metalle fallen, aus welchen ſie zuſammengeſetzt ſind. Doch ſcheint das Meſſing bei gewiſſen Verhältniſſen ſeiner Miſchung auch unter die beiden Metalle zu fallen, aus denen es beſteht. Eine große Anzahl von Legirungen fallen aber theils über, theils unter ihre Beſtandtheile. Jenes iſt der Fall bei dem Arcetſchen Metallgemiſch (aus zwei Th. Blei, 3 Th. Zinn, 2 Th. Wismuth), dem Schnellloth (aus 1 Th. Zinn, 2 Th. Blei), der Legirung aus 1 Th. Wismuth und 20 Th. Zinn, den Amalgamen von Queckſilber mit Zink, Zinn, Blei und Wismuth; dieſes bei dem Glockenmetall (aus 22 Th. Zinn, 78 Th. Kupfer) und der Bronze (aus 11 Th. Zinn, 100 Th. Kupfer). Pfaff fand, daß bis zu $\frac{1}{3}$ mit Zinn oder Blei legirtes Zink in ſeiner elektromotoriſchen Kraft nicht auf merkliche Weiſe geſchwächt wurde. Brugnatelli fand, daß Legirungen aus Zink und Antimon und Zink und Queckſilber gegen Silber ſtärker als irgend ein anderes Metall wirken. Volta bemerkt, daß die Wirkung des Silbers gegen Kupfer und eben ſo die des Zinks durch etwas Zinn oder Zinn und Blei zugleich in gewiſſen Graden erhöht werde. Davy ſagt, daß die Schiffsnägel, eine Legirung aus Kupfer und Zinn, gegen Kupfer ſich ſchwach negativ, und daß Zink- u. Zinnamalgam gegen die reinen Metalle ſich poſitiv verhalten. Im Allgemeinen ſoll nach demſelben ein negatives Metall durch eine Legirung

mit einer kleinen Menge eines oxydirbaren (poſitiven) meiſt in ſeine Negative noch mehr herabgeſetzt werden, wenn die Legirung dadurch an Härte zunimmt; ſonſt reiche ſchon der Zuſatz einer kleinen Quantität poſitiven Metalls hin, die Legirung poſitiv zu machen. Ritter hat ausführlichere Verſuche über die Verſetzungen in der galvan. Spannungsreihe angeſtellt, welche beſonders Queckſilber, Zinn u. Zink durch Legirung mit anderen poſitiven Metallen erfahren. Er fand, daß die Amalgame von Zink, Zinn und Blei in verſchiedenen Verhältniſſen in folgender Reihenfolge unter einander und gegen Zink vom poſitivſten zum negativſten ſtanden: 1) 1 Theil Zinn, 1 Th. Blei, 2 Th. Queckſilber; 2) 1 Th. Zinn, 1 Th. Blei, 1 Th. Zink, 3 Th. Queckſilber; 3) 1 Th. Zink, 1 Th. Blei, 2 Th. Queckſilber; 4) 1 Th. Zinn, 1 Th. Zink, 2 Th. Queckſilber (das Kienmayerſche Amalgam); 5) 2 Th. Zink, 1 Th. Queckſilber; 6) 1 Th. Zink, 1 Th. Queckſilber. Dieſe Amalgame fielen mithin ſämmtlich über Zink. Die vier erſten fielen ſo nahe zuſammen, daß ihre Reihenfolge nicht mit völliger Gewißheit beſtimmt werden konnte. Derſelbe Phyſiker fand, daß die nachſtehenden Legirungen von Queckſilber mit Stanniol (das Queckſilber war den Tag zuvor aus Zinnober mit Eiſen hergeſtellt worden) ſämmtlich zwiſchen Zink und Blei fielen. Er fand folgende Reihe: 1) Zink; 2) teigartiges Amalgam; 3) $\frac{1}{2}$ Loth Queckſilber mit $\frac{1}{2}$ Quadratlinie Stanniol; 4) eben noch tropfendes Amalgam; 5) 1 Th. Queckſilber, 16 Th. Stanniol; 6) ſehr bröckelndes Amalgam; 7) Blei. Legirungen reinen Queckſilbers mit Blattſilber ſtanden im folgenden Verhältniſſe: 1) 24 Blätter Silber, $1\frac{1}{2}$ Drachmen Queckſilbers war poſitiv gegen Queckſilber und Silber, zwiſchen Wismuth und Kupfer; 2) Eine Quadratlinie Blattſilber mit $1\frac{1}{2}$ Drachmen Queckſilber war poſitiv geg. Queckſilber und Silber, negativ gegen Gold und Platin. 3) Eine Quadratlinie Blattſilber mit $1\frac{1}{2}$ Drachmen Queckſilber legirt war gegen Queckſ. u. Silber poſit., geg. Gold u. Platin negat. Deßgleichen fand Ritter für Verbindungen von reinem Queckſilber mit feinem Blattgold folg. Reihe: 1) Ein Blatt Gold mit 1 Drachme Queckſilber fiel zwiſchen Kupfer und Antimon; 2) Eine Quadratlinie Gold mit 1 Drachme Queckſilber zwiſchen Antimon und Platin; 3) 16 Blätter Gold mit 1 Drachme Queckſilber zwiſchen Platin und Gold. Alle waren poſitiv gegen Queckſilber ſo wie Gold. Eine Legirung aus 2 Th. Platin u. 1 Th. Queckſilber war ſtark negativ gegen beide Metalle, indem ſie zwiſchen Arſenikkies und Graphit fiel. Alle Kupferamalgame waren gegen Zinn negativ. Von der poſitivſten Legirung anfangend, ſtellte endlich Ritter folgende Reihe der Legirungen von Zinn, Zink und Blei zuſammen: 1) 1 Th. Zinn, 1 Th. Zink, 1 Th. Blei; 2) 1 Th. Zinn, 1 Th. Blei; 3) 1 Th. Zinn, 1 Th. Zink; 4) Zink; und die Reihe: 1) 256 Th. Zink, 1 Th. Zinn (Stanniol); 2) 128 Th. Zink, 1 Th. Zinn; 3) 64 Th. Zink, 1 Th. Zinn; 4) 1 Th. Zink, 64 Th. Zinn; 5) 1 Th. Zink, 128 Th. Zinn; 6) 1 Th. Zink, 256 Th. Zinn; 7) 1 Th. Zink, 16 Th. Zinn; 8) 32 Th. Zink, 1 Th. Zinn; 9) 1 Th. Zink, 32 Th. Zinn; 10) 1 Th. Zink, 2 Th. Zinn; 11) 1 Th. Zink, 4 Th. Zinn; 12) 1 Th. Zink, 8 Th. Zinn;

13) 8 Th. Zink, 1 Th. Zinn; 14) 4 Th. Zink, 1 Th. Zinn; 15) 16 Th. Zink, 1 Th. Zinn; 16) 2 Th. Zink, 1 Th. Zinn; 17) 1 Th. Zink, 1 Th. Zinn; 18) Zink. Hiernach fielen alle Legirungen aus Zink mit Zinn über beide Metalle.

Eine eigenthümliche Modification des elektromotoriſchen Verhaltens der Metalle tritt in den ſogenannten Ladungsphänomenen auf. Hierunter verſteht man im Allgemeinen die Erſcheinung, daß ein Metall, welches einige Zeit als negatives Glied in einer geſchloſſenen einfachen oder zuſammengeſetzten Kette gedient hat, gleichgültig, mit welchem poſitiveren Metall es combinirt war, nach der Wiedereröffnung der Kette an Poſitivität zugenommen hat, ſo daß es auch gegen ein anderes ihm vorher gleichartiges Stück Metall ſich nun poſitiv verhält. Um dieß durch den Verſuch nachzuweiſen, combinire man eine Kupfer- und eine Zinkplatte zu einer einfachen Kette, am beſten durch Eintauchen in ein gemeinſchaftliches Gefäß voll ſauren oder ſalzigen Waſſers an den Enden des Multiplicatordrahtes, und laſſe den Kreis nur eine oder einige Minuten geſchloſſen. Zieht man nachher die Zinkplatte aus der Flüſſigkeit heraus und bringt an ihre Stelle eine Kupferplatte, welche merklich homogen mit der ſchon in Anwendung gekommenen Kupferplatte iſt, ſo entſteht zwiſchen beiden Kupferplatten nun ein merklicher elektriſcher Strom der Art, daß ſich das vorher mit Zink combinirte Kupfer poſitiv verhält. Allmälig nimmt die Stärke dieſes Stromes ab und verſchwindet endlich. Bei Anwendung von Silber, Gold, Platin, Graphit ſtatt des Kupfers erhält man ähnliche Reſultate, und im Allgemeinen zeigt ſich die Ladung um ſo ſtärker, je negativer das angewendete Metall iſt. Man kann ſich hierbei ſtatt poſitiver Metalle auch des Zinns, Bleis, Eiſens u. ſ. w. bedienen. Wenn zwei Platindrähte, welche mit den beiden Polen einer Säule in Verbindung ſtehen, in eine Salzlöſung tauchen, dann nach einiger Zeit dieſe Verbindung aufgehoben wird, indem die Drähte von den Enden der Säule abgelöſt, u. ihre freien Enden mit denen der Multiplicatordrähte verbunden werden, ſo erhält man einen Strom, welcher im entgegengeſetzten Sinne als vorher gerichtet iſt; d. h. in derſelben Flüſſigkeit wird der Draht, welcher als poſitiver Pol diente, und um den ſich Sauerſtoff entwickelte, der negative Pol eines neuen elektriſchen Apparates, der nur aus zwei Platindrähten beſteht, deren eine Enden durch den Multiplicatordraht verbunden ſind, und aus einer Salzlöſung, in welcher die andern Enden eingeſenkt ſind. Die Dauer dieſes ſecundären Stromes iſt um ſo anhaltender, je kräftiger die Säule war, mit der anfangs die Drähte verbunden waren. Mit Hilfe eines empfindlichen Multiplicators kann man die Erſcheinung auch bei Anwendung einer einzigen Volt. Combination in folgender Abänderung der obigen Verſuche erhalten. Man nimmt zwei mit einer Auflöſung von Seeſalz gefüllte Gefäße und taucht in jede eine Platinplatte, die mit einem Ende des Multiplicatordrahtes verbunden iſt; darauf bringt man in jedes Gefäß das eine Ende einer Combination von Zink und Kupfer. Es entſteht alsbald ein Strom, der durch den Draht von Zink nach dem Kupfer geht. Nimmt man nun die Combination weg, und ſtellt die Verbin-

dung zwiſchen den beiden Flüſſigkeiten durch einen Baumwollendraht her, ſo erhält man einen Strom von entgegengeſetzter Richtung. Dieſe Eigenthümlichkeiten, welche Metalldrähte annehmen, durch die ſich ein elektriſcher Strom ergoſſen hat, gehören einzig den Theilen an, welche eingetaucht waren; denn ſchneidet man dieſe Theile ab und nimmt alle nöthige Vorſicht, daß die darüber liegenden Theile von allen fremdartigen Körpertheilchen befreit ſind, welche gewöhnlich der Oberfläche der Körper anhängen, ſo wird ein ſecundärer Strom nicht mehr ſtattfinden, wenn man den vorher nicht eingetauchten Theil des Drahtes in die Flüſſigkeit ſenkt. Die Intenſität des ſecundären Stromes variirt im Verhältniß der Zeit, während welcher die beiden Drähte der Wirkung der Säule ausgeſetzt blieben, und mit der Natur der Leiter, welche zur Schließung der Kette dienen. Delarive hat in dieſer Beziehung folgende Reſultate erhalten.

Zeit, während welcher die Drähte im volt. Kreiſe geweſen.	Ablenkung der Multiplicatornadel.
1 Minute	60°
2 —	65°
3 —	70°
4 —	75° bis 80°
5 —	85°

Derſelbe fand einen Platindraht, der 20 bis 30 Minuten im Kreiſe einer Säule geweſen, darauf gewaſchen und getrocknet worden war, noch nach einigen Tagen mit einer Ladung behaftet. *)

Aus dem Ladungsphänomen erklären ſich die von Ritter entdeckten ſecundären Säulen. Man erhält eine ſolche, wenn man Scheiben von Kupfer und feuchtem Papier über einander ſchichtet, ſo daß Kupfer und Papier wechſeln. Dieſe Säule iſt nicht im Stande, durch ſich ſelbſt eine Ladung anzunehmen, wenn die Oberflächen des

*) Becquerel gibt folgende Erklärung des Phänomenens. „Nehmen wir zwei Platinplatten, deren Oberflächen vollkommen rein ſind, ſo daß, wenn man ſie in eine neutrale Salzlöſung taucht, und mit einem Multiplicator verbindet, kein Strom eintritt. Hierauf nehmen wir ſie heraus und bringen die eine mit derſelben Löſung, welche ein Tauſendtheil ihres Gewichts Salpeterſäure enthält, die andere mit derſelben Löſung, welche ein Tauſendtheil ihres Gewichts Aetzkali enthält, in Verbindung. Senkt man die beiden Platinplatten dann wieder in die neutrale Löſung, ſo wird man einen Strom erhalten, welcher von der zweiten nach der erſten geht. Machen nun zwei Platinplatten Theile eines Volt. Kreiſes aus, innerhalb deſſen ſich eine Salzlöſung befindet, ſo bedeckt ſich die Oberfläche der poſitiven Platte mit Theilen der Säure, der negativen mit Theilen des Alkali; die beiden Platten treten mithin in einen ähnlichen Gegenſatz, wie dieſes bei den Platten im eben angegebenen Verſuche der Fall war, und der Erfolg des nachher eintretenden ſecundären Stromes entſpricht dem Strome, der im vorigen Verſuche beobachtet wurde. Die Urſache der Erſcheinung der Ladungsphänomenen wäre hiernach durch den erſten Strom eingeleitete chemiſche Verſchiedenheit der vorher gleichartigen Metalle.“

Kupfers homogen ſind; ſetzt man aber einige Augenblicke ihre beiden Enden mit den beiden Polen einer gewöhnlichen Säule in Verbindung, ſo nimmt ſie eine Ladung an, welche ſie einige Zeit behält, und welche von der Art iſt, daß eine Umkehrung der Pole ſtattfindet, d. h. daß der poſitive Pol der einen dem negativen der anderen entſpricht. Mit der ſecundären Säule bringt man, nur in geringerem Grade, alle phyſiologiſchen und chemiſchen Wirkungen der Voltaſchen Säule hervor. Ritter veränderte Reihe u. Ordnung der Scheiben, und fand 1) daß diejenige Anordnung, bei welcher die wenigſten Abwechſelungen ſtattfinden, am günſtigſten für den Kreislauf der Elektr. iſt; wenn man z. B. eine Säule mit 64 Kupferſcheiben und 64 feuchten Papierblättern herſtellt, ſo daß die letzteren zuſammen zwiſchen 32 Kupferſcheiben auf beiden Seiten liegen, ſo leitet die Säule die Volt. Elektr. ſehr gut, nimmt aber keine merkliche Ladung an; 2) daß das Leitungsvermögen nach und nach abnimmt, wenn man 1, 2 u. ſ. w. Kupferſcheiben zwiſchen die Papierſcheiben einſchiebt, und daß man auf dieſe Weiſe zu einem Syſtem kommt, deſſen Leitungsvermögen kaum merklich iſt; 3) daß bei einer ſehr geringen Anzahl von Abwechſelungen, für dieſelbe primitive Ladung, der Strom leicht hindurch geht, aber die chemiſchen und phyſiologiſchen Wirkungen Null ſind; 4) daß es nöthig iſt, die Abwechſelungen hinreichend zu vermehren, um dieſe Wirkungen hervorzubringen, deren Intenſität bis zu einer gewiſſen Grenze der Anzahl von Abwechſelungen zunimmt; über dieſe Grenze hinaus erhält ſich die elektr. Ladung, aber die chemiſchen und phyſiologiſchen Erſcheinungen ſchwächen ſich, jene zuerſt. Bei der Volt. Säule wächſt die Quantität der freien Elektricität mit der Anzahl der Plattenpaare und wiegt den Widerſtand der Abwechſelungen auf; während bei der ſecundären dieſer Widerſtand ganz verwendet wird, um die Strömung einer gleichbleibenden Quantität Elektricität zu modificiren.*)

Specifiſches Gewicht, das, oder das Eigengewicht der Körper iſt ein Ausdruck des Verhältniſſes ihres abſoluten Gewichtes oder ihrer Maſſe (ſ. die Art.) zu ihrem Volumen (ſ. d. Art.). Bei zwei Körpern, deren Maſſen oder abſolute Gewichte gleich ſind, verhalten ſich die ſpecif. Gewichte umgekehrt wie die Volumina,

---

*) Becquerel's Erklärung iſt: „die Kupferſcheiben der ſecundären Säule, welche der Wirkung einer Volt. Säule ausgeſetzt iſt, finden ſich in demſelben Verhältniß gegen die Scheibe feuchten Papiers, wie der Platindraht, welcher (bei den Ladungsphänomenen) in die Salzlöſung eingetaucht iſt gegen die Löſung; ſobald die beiden Oberflächen jeder Kupferſcheibe eine entgegengeſetzte elektriſche Polarität annehmen müſſen, gehen die alkaliſchen Beſtandtheile nach der einen, die ſauren nach der andern Seite der Scheibe und bilden aus einer jeden ſolchen Scheibe eine Volt. Combination. Auf dieſe Weiſe wird die ſecundäre Säule zu einer wahren Voltaſchen Säule, deren Elemente Säure und Alkali ſind. Die Umkehrung der Pole ergibt ſich aus dem Princip."

und bei zwei Körpern, deren Volumina gleich ſind, verhalten ſich die ſpecifiſchen Gewichte wie die Maſſen oder abſoluten Gewichte. Hat ein Körper die Maſſe P, das ſpecif. Gewicht S und das Volumen V, und ein anderer Körper die Maſſe p, das ſpecif. Gewicht s und das Volumen v, ſo hat man das Verhältniß $S : s = \frac{P}{V} : \frac{p}{v}$. Hiernach kann vergleichsweiſe das ſpecif. Gewicht der verſchiedenen Körper, welches ihre unterſchiedene natürliche Beſchaffenheit charakteriſirt, auf dreifache Weiſe angegeben werden. Entweder man gibt an, welches jedes Körpers abſolutes Gewicht ſei unter einem beſtimmten Volumen, welches als daſſelbe für alle Körper angenommen wird; man hat dann für je zwei Körper $S : s = P : p$; oder man gibt an, welches jedes Körpers Volumen ſei bei einem beſtimmten abſoluten Gewichte, welches als daſſelbe für alle Körper angenommen wird; man hat dann für je zwei Körper $S : s = \frac{1}{V} : \frac{1}{v} = v : V$; oder endlich man nimmt das ſpecif. Gewicht eines bekannten Körpers = 1 an, und gibt die Zahl an, welche das Verhältniß ausdrückt, in dem das ſpecifiſche Gewicht eines anderen Körpers zu jenem = 1 angenommenen ſteht. Hat man z. B. (mit Hilfe einer guten Wage) gefunden, daß eine Quantität Waſſer bei dem Volumen V das abſolute Gewicht P habe, und ferner daß eine Quantität Eiſen bei dem Volumen v das abſolute Gewicht p habe, ſo iſt (das ſpecifiſche Gewicht des Waſſers = S, das des Eiſens = s angenommen) nach dem Vorhergehenden $S : s = \frac{P}{V} : \frac{p}{v}$. Nimmt man nun P als Einheit des Gewichtes, V als Einheit des Volumens an, drückt demgemäß p und v aus, ſo hat man auch $S = 1$ und folglich $s = \frac{p}{v}$. Bei der erſten Art der Beſtimmung des ſpecif. Gewichtes erhält man Angaben nach irgend einem gebräuchlichen Gewichtmaß (Pfunden od. drgl.), bei der zweiten Art erhält man Angaben nach einem gebräuchlichen Körpermaße (Cubikfuß od. drgl.), bei der dritten Art endlich bloße Zahlenangaben ohne Rückſicht auf ein beſtimmtes Maß. Iſt z. B. s für Eiſen bekannt, ſo weiß man, daß wenn nun 1 Cub. Fuß Waſſer n Pfund wiegt, gewiß 1 Cub. Fuß Eiſen ns Pfund wiege, und daß, wenn 1 Pfund Waſſer m Cub. Fuß einnimmt, ſicher 1 Pfund Eiſen $\frac{m}{s}$ Cub. Fuß einnehmen muß. Die dritte Art das ſpecif. Gewicht auszudrücken hat den Vortheil, daß ſie die allgemeinſte Verſtändlichkeit und Gültigkeit hat, indem ſie gänzlich unabhängig von den in den verſchiedenen Ländern gebräuchlichen Maßen und Gewichten iſt. Daher hat man dieſe Art der Beſtimmung des ſpecif. Gewichtes auch allgemein eingeführt und iſt einſtimmig überein gekommen, das reine deſtillirte Waſſer als denjenigen Körper anzunehmen, auf welchen alle übrigen Körper bezogen werden, ſo alſo, daß ſein ſpecifiſches Gewicht = 1 angenommen wird. Die Gaſe pflegt man mit der atmoſphäriſchen Luft zu

vergleichen, ſo daß man das ſpecifiſche Gewicht dieſer = 1 ſetzt.

Die Dichte der Körper wird bekanntlich (ſ. d. Art Dichte) ſo beſtimmt, daß man ebenfalls einen auf den andern bezieht, und da ein Körper auch um ſo dichter iſt, je mehr Maſſe bei je weniger Volumen er hat, ſo kann man alle Angaben der Dichte für ſpecif. Gew. nehmen, ſobald die Dichte des Waſſers als = 1 für tropfbar flüſſige und feſte Körper und die der Luft = 1 für gasförmige Körper angenommen wird.*) Je dichter ein Körper iſt, deſto größer iſt ſein ſpecifiſches Gewicht. Nun wirkt aber bekanntlich die Wärme ausdehnend auf die Körper, d. h. verändert ihre Dichte und damit ihr ſpecifiſches Gewicht. Dieß iſt inſonderheit in Bezug auf das Waſſer wichtig, deſſen ſpecif. Gewicht = 1 angenommen werden ſoll, denn es zeigt ſich, daß daſſelbe kein an ſpecifiſchem Gewicht unveränderlich ſich gleich bleibender Körper iſt. Einige haben daher vorgeſchlagen, das ſpecif. Gewicht des reinen Waſſers von größtmöglichſter Dichte = 1, andere das ſpecif. Gewicht des Waſſers von 0° = 1 anzunehmen. Um nun bei den Verſuchen die erhaltenen Reſultate auf die eine oder die andere dieſer Normal-Temperaturen reduciren zu können, mußte man jedenfalls die Veränderung der Dichte oder w. d. des ſpecif. Gewichts des Waſſers im Vergleich gegen ſeine Temperatur kennen. Zu dieſen Zwekken wurden Verſuche angeſtellt, die mit ihren Reſultaten im Art. Ausdehnung angegeben ſind.

Es wurde geſagt, daß ſich die ſpecif. Gewichte (S, s) wie die Dichten (D, d) verhalten: $S : s = D : d$, folglich $S = \frac{D}{d} \cdot s$. Bezeichnet hierin s das ſpecif. Gewicht und d die Dichte des Waſſers = 1, ſo bleibt $S = D$, d. h. ſpecif. Gewicht und Dichte eines Körpers ſind gleich.

Die Art, wie man das ſpecif. Gewicht der Körper beſtimmt, beruht auf dem im Art. Schwimmen näher erläuterten Satze, daß ein in eine Flüſſigkeit geſenkter Körper ſo viel an Gewicht verliert, als das Gewicht der von ihm aus der Stelle gedrängten Flüſſigkeit beträgt. Iſt dieſe Flüſſigkeit nun z. B. Waſſer, und iſt der eingeſenkte Körper ein metallener Cylinder von dem Volumen v, ſo wiege man ihn erſt in der Luft, dann im Waſſer mit Hilfe der hydroſtatiſchen Wage (ſ. d. Art. Schwimmen S. 444.) und bezeichne ſich das Gewicht p, um welches der Cylinder im Waſſer erleichtert wird; ſo iſt das ſpecifiſche Gewicht des Waſſers $s = \frac{p}{v}$. Eine andere Art das ſpecif. Gewicht des Waſſers zu beſtimmen, iſt die, daß man ein Gefäß von genau bekanntem Inhalte v mit Waſſer füllt, und dann das Gewicht des in ihm enthaltenen Waſſers beſtimmt = p, ſo hat man wieder das ſpecifiſche Gewicht $s = \frac{p}{v}$.

*) In Bezug auf Angaben des ſpecifiſchen Gewichtes der verſchiedenen Körper ſind daher die im Art. Dichte angegebenen Tabellen nachzuſchlagen.

Auf die erſte der angegebenen Arten hat z. B. Stampfer gefunden, daß 1 Wiener Cub. F. Waſſer bei 3° R. 56 Pfd. 12 L. 172,18 Gr. wiegt.*) Auf eine ähnliche Weiſe kann man nun in Pfunden u. ſ. w. das ſpec. Gew. jedes Körpers finden, wenn man ſein ſpecif. Gewicht oder ſeine Dichte gegen Waſſer = 1 kennt. Iſt dieſes n, ſo wiegt 1 Cub. F. jenes Körpers nmal ſo viel als 1 Kub. F. Waſſer, d. h. n (56 Pfd. 12 L. 172,18 Gr.). Um nun aber die Dichte einer Flüſſigkeit gegen Waſſer kennen zu lernen, braucht man nur den Gewichtsverluſt, den irgend ein feſter Körper im Waſſer erleidet, feſtzuſetzen, er ſei = p, und dann den Gewichtsverluſt, den derſelbe Körper in der zu unterſuchenden Flüſſigkeit erfährt, er ſei = q, ſo verhalten ſich dieſe Gewichtsverluſte wie die Dichten der entſprechenden Flüſſigkeiten, (D für die zu prüfende, 1 für Waſſer) d. h. man hat $D : 1 = q : p$, oder $D = \frac{q}{p}$. Hierbei ſind nun die Vorſichtsmaßregeln zu beobachten, daß der feſte Körper in jede Flüſſigkeit ganz eingetaucht werde und daß er in keiner von beiden auflöslich ſei. Gewöhnlich bedient man ſich zur vergleichsweiſen Beſtimmung der Dichten oder ſpecif. Gewichte der Flüſſigkeiten eines maſſiven Glastropfens, und nur bei der Flußſäure muß man ſtatt deſſelben eine Blei- oder Silbermaſſe nehmen, weil dieſelbe das Glas angreift. Ein anderes Verfahren für Flüſſigkeiten wäre dieß, daß man in den einen Schenkel einer umgebogenen Glasröhre die eine Flüſſigkeit, in den anderen die andere Flüſſigkeit gießt, (wenn die Flüſſigkeiten zur Vermiſchung geneigt ſind, trennt man ſie durch eine gegen beide Flüſſigkeiten indifferente dritte), dann hält eine kleinere Säule der ſpecifiſch ſchwereren, eine längere Säule der ſpecifiſch leichteren das Gleichgewicht, oder die Dichten der Flüſſigkeiten verhalten ſich umgekehrt wie die Höhen der von den Flüſſigkeiten gebildeten Säulen.

Um das ſpecif. Gew. eines feſten Körpers zu beſtimmen, wiegt man ihn erſt in dem luftleeren Raume, wodurch man ſein abſolutes Gewicht P erhält, dann wiegt man ihn in einer bekannten Flüſſigkeit vom ſpecif. Gewicht s, und notirt das Gewicht Q, um welches er in der Flüſſigkeit erleichtert worden, d. h. man beſtimmt eigentlich das Gew. eines dem ſeinen gleich großen Volumens jener Flüſſigkeit; bezeichnet dann S das ſpecif. Gewicht des Körpers, ſo verhält ſich: $S : s = P : Q$, d. h. $S = \frac{sP}{Q}$, und wenn die Flüſſigkeit Waſſer war, deſſen ſpecif. Gewicht = 1 angenommen wird, ſo iſt $S = \frac{P}{Q}$.

Bei den bisher angegebenen Verfahrungsarten zu Beſtimmung des ſpecif. Gewichts oder der Dichte bediente man ſich der hydroſtatiſchen Wagen, ſtatt dieſer kann man aber auch eines unter dem Namen Senkwage oder Aräometer (v. d. griech. ἀραιός, locker, dünn u. μέτρον, Maß, d. h. Dünnigkeitsmaß) bekannten Inſtrumentes ſich bedie-

*) Weitere Angaben ſ. Art. Waſſer.

nen. Im Allgemeinen iſt ein Aräometer ein feſter Körper, welcher in eine Flüſſigkeit eingeſenkt wird, und durch die Art, wie er einſinkt, die Dichte und mithin das ſpecif. Gewicht der Flüſſigkeit zu erkennen gibt. Wie im Art. Schwimmen geſagt wurde, ſo ſinkt jeder Körper in einer Flüſſigkeit ſo tief ein, bis das Gew. der von ihm aus der Stelle gedrängten Flüſſigkeit gleich ſeinem eigenen iſt. Senkt man daher denſelben Körper in verſchiedene Flüſſigkeiten ein, ſo wird er in die ſpecif. gewichtigere minder tief einſinken als in die leichtere, oder man wird ihn, damit er in jener eben ſo weit wie in dieſer einſinkt, mit Gewichten belaſten müſſen. Hieraus ergibt ſich zugleich, daß die Aräometer, um ihre Angaben für verſchiedene Flüſſigkeiten leicht beobachten und vergleichen zu können, entweder mit Scalen verſehen ſein (um zu ſehen, wie tief ſie in den verſchiedenen Flüſſigkeiten einſinken), oder mit Gewichten belaſtet werden müſſen (damit ſie ſtets bis zu demſelben Grade der Einſenkung gebracht werden).

Um das ſpecifiſche Gewicht der atmoſphäriſchen Luft zu erhalten, bedient man ſich eines Ballons, welcher wenigſtens 250 bis 300 Kubikzoll faßt und mit einem Hahne verſehen iſt, welcher luftdicht verſchloſſen und auf eine gute Luftpumpe geſchraubt werden kann. Man evantlirt mit der Luftpumpe den Ballon bis zum möglichſt hohen Grade*), ſchließt dann den Hahn und wiegt den Ballon. Sein Gewicht ſei $=$ P. Hierauf öffnet man den Hahn, wonach Luft in den Ballon eintritt, und wiegt den Ballon aufs Neue. Iſt ſein Gewicht jetzt $= P'$, ſo iſt offenbar $P' - P$ das Gewicht der Anzahl Cubikzoll Luft, welche der Ballon zu faſſen vermag, bei dem während des Verſuchs herrſchenden und (am Barometer) beobachteten Luftdruckes und der während des Verſuchs herrſchenden und (am Thermometer) beobachteten Temperatur. Bezeichnet V das innere Volumen des Ballons, ſo hat man alſo als Ausdruck des ſpecif. Gewichtes der atmoſphäriſchen Luft $= \frac{P' - P}{V}$

Man findet ſo, daß Ein Cubikfuß atmoſphäriſcher Luft bei 0° C. u. 28 P. Z. Barometerſtand 564 Gran W. G., alſo Ein Cubikzoll 0,316 Gr. wiegt, d. h. daß die atmoſphär. Luft bei 0° C. und 28 P. Z. 770 mal leichter als Waſſer iſt. Statt der atmoſph. Luft kann man irgend eine Gasart nach der erſten Wägung, welche P gab, in den Ballon treten laſſen. Iſt dann das Gewicht des Ballons am Volumen $V = Q$, ſo hat man als ſpecifiſch. Gewicht des Gaſes $\frac{Q - P}{V}$.

Dividirt man hierein mit dem Gewichte des gleichen Volumens atmoſphäriſcher Luft, ſo hat man das ſpecifiſche Gewicht des Gaſes gegen Luft $= 1$; vorausgeſetzt, daß Temperatur und Luftdruck ſich gleich bleiben. Alle dieſe Verſuche ſetzen aber voraus, daß die Luftarten ganz rein ſind, daß ihre Dichte und die Capacität des Ballons, ſo wie ſein Gewicht in der Luft unverändert bleiben, und daß mittels

---

*) Vergl. über das ganze Verfahren den Art. Luftpumpe S. 475.

der Luftpumpe ein völlig luftleerer Raum erzeugt werden kann. Alle dieſe Vorausſetzungen finden aber in der Wirklichkeit nicht völlig ſtatt; denn die Luftarten enthalten immer eine größere oder geringere Menge von Waſſerdünſten, die auf ihr ſpecif. Gewicht einen nicht unbedeutenden Einfluß haben; dieſes ändert ſich mit dem Drucke der äußeren Luft und der Temperatur; letztere hat ſogar auf die Capacität des Gefäßes und auf ſein Gewicht in der Luft einen Einfluß, der zwar nur ſehr gering iſt, bei ſehr genauen Verſuchen aber doch nicht außer Acht gelaſſen werden darf. Man wählt zu derartigen Verſuchen daher nur ſolche Luft, welche vorher gut ausgetrocknet worden, u. arbeitet nur bei einer beſtimmten Temperatur u. bei einem beſtimmten Luftdrucke, oder reducirt die unter anderen Umſtänden erhaltenen Reſultate auf die Normaltemperatur 0° C. u. auf den Normaldruck 28 P. Z. Die Reduction wegen Aenderung des ſpecif. Gewichts durch Wärme u. Luftdruck, als die wichtigſte, läßt ſich leicht veranſtalten. Bezeichnet s das ſpecif. Gew., welches man bei der Temperatur t und dem Luftdrucke b gefunden hat, s′ das auf den normalen Stand des Thermometers und Barometers reducirte ſpecif. Gewicht; ſo hat man $s : s' = \frac{b}{28\,(1 + 0{,}00375\,t)} : 1$, daher $s' = \frac{s\,(1 + 0{,}00575\,t)\,28}{b}$. Mit dem ſpecif. Gew. der Gaſe lernt man zugleich ihre Dichte kennen. Um bei der Bezeichnung derſelben kleinere Zahlen zu haben, pflegt man die Dichte der atmoſphär. Luft, gegen welche ſie verglichen werden, nicht = 1, ſondern = 100000 zu ſetzen. Hieraus ergibt ſich für die Dichte d irgend eines Gaſes, deſſen ſpecif. Gewicht vorher durch $\frac{Q - P}{V}$ ausgedrückt wurde, gemäß der Proportion $d : 100000 = Q - P : P' - P$, d. h. $d = \frac{Q - P}{P' - P} \cdot 100000$. Man kann die Dichte eines Gaſes aus ſeiner chemiſchen Zuſammenſetzung berechnen. Beſteht es z. B. aus a Raumtheilen eines Stoffes von der Dichte d und aus a′ Raumtheilen eines Stoffes von der Dichte d′, ſo iſt ſeine geſammte Maſſe $= ad + a'd'$, und es ſelbſt nimmt nach geſchehener chemiſcher Verbindung den Raum $a + a'$ ein, wenn weder Ausdehnung noch Zuſammenziehung bei derſelben ſtattgefunden hat, ſo daß ſeine Dichte $\frac{ad + a'd'}{a + a'}$ iſt. Nimmt es jedoch nach der Verbindung nicht den Raum $a + a'$, ſondern den Raum A ein, ſo muß ſich verhalten (ſeine Dichte = D geſetzt) $D : \frac{ad + a'd'}{a + a'} = a + a' : A$, d. h. $D = \frac{ad + a'd'}{a + a'} \cdot \frac{a + a'}{A}$, und wird $\frac{a + a'}{A}$ mit b bezeichnet $D = \frac{ad + a'd'}{a + a'} \cdot b$. *)

*) Ammoniakgas z. B. beſteht aus (a =) 3 Th. Waſſerſtoffgas und (b =) 1 Th. Stickgas. Jenes hat die Dichte 0,07321, dieſes die Dichte d′ =

Bei einem einfachen Gaſe kann man das ſpecif. Gewicht oder die Dichte mittels ſeines Atomengewichtes und der Dichte des Sauerſtoffgaſes (= 1,026), deſſen Atomengew. = 100 geſetzt wird, aus einer einfachen Proportion berechnen. Stickſtoff hat z. B. das Atomengew. 88,518, mithin die Dichte s, welche ſich aus der Proportion 100 : 88,518 = 1,026 : s ergibt, d. h. s = 0,97599. Directe Wägung gibt 0,976.*)

Das Geſagte wird genügen um im Allgemeinen anzuzeigen, auf welchen Geſetzen die Beſtimmung des ſpecif. Gewichts der Körper beruht. Wie man ſieht, ſind die Verfahren und die Rechnungen leicht, und nur durch die Genauigkeit, welche in dieſer Beziehung verlangt wird, kommen Schwierigkeiten, zu deren Ueberwindung **Baumgartner** vortreffliche Anleitung gibt, welche nach dem bereits Mitgetheilten verſtändlich ſein wird.

Zur Beſtimmung der Dichte eines Körpers braucht man in den meiſten Fällen eine genauere und empfindlichere Wage, als zur Ausmittelung des abſoluten Gewichtes, weil im erſtern Falle der abzuwägende Körper ſich in einer tropfbaren Flüſſigkeit befinden muß, wodurch der Empfindlichkeit der Wage ſtarker Abbruch gethan wird. Aber ſelbſt die empfindlichſte Wage muß zu dieſem Ende beſonders eingerichtet ſein und eine an ſehr kurzen Schnüren hängende Schaale haben, welche unten mit einem Haken verſehen iſt, um den abzuwägenden Körper an denſelben hängen zu können. (Vergl. d. Art. **Schwimmen** S. 444 und Fig. 251.) Eine andere unerläßliche Vorrichtung iſt ein unter dieſer Wagſchaale befindliches Poſtament, welches das Gefäß trägt, in dem ſich die beim Abwägen zu gebrauchende Flüſſigkeit befindet, und das ſich ſenken und erhöhen läßt, um ſo den abzuwägenden Körper in die Flüſſigkeit eintauchen und wieder herausnehmen zu können, ohne den Wagebalken tiefer oder höher ſtellen zu müſſen. Das übrige Zubehör eines hydroſtatiſchen Apparates zur Beſtimmung der Dichte der Körper iſt: 1) ein feines Menſchenhaar, ein einfacher Coconfaden und ein ſehr feiner Platinfaden, 2) ein abgerundeter, reiner maſſiver Glastropfen an einem ſehr feinen Faden hängend, 3) eine metallene Federzange, 4) ein an feinen Fäden hängendes gläſernes Schälchen, 5) ein gläſerner weiter Becher, 6) reines Wachs in einer Büchſe, 7) ein Glasfläſchchen, mit einem unten eben abgeſchliffenen, gut ſchließenden Glasſtöpſel, oder einer ebenen Glasplatte verſchließbar, 8) eine Pincette, 9) ein Haarpinſel, 10) gläſerne Rührſtäbchen. Die Vorrichtungen 2, 3 und 4 ſtellt die Fig. 268. unter a, b, c vor. Man

---

0,96913. Bei der Verbindung gehen die 4 Volum. in 2 (= A) über. Hiernach iſt $ad = 0{,}21963$; $a'd' = 0{,}96913$; $b = \frac{3+1}{2} = 2$; $\frac{ad + a'd'}{a + a'} \cdot b = 0{,}59438 = D$, d. h. der Dichte des Ammoniakgaſes. Durch direkte Unterſuchung findet man die Dichte dieſes Gaſes = 0,59669.

*) Ueber die Beſtimmung der Dichte (und ſpecif. Gewichte) der Dämpfe ſ. d. Art. **Dampf**.

muß vorläufig ſchon mit dem abſoluten Gewichte jedes dieſer Hilfsapparate, ſo wie mit ſeinem Gewichtsverluſte, wenn er bis zu einer beſtimmten Stelle in reines Waſſer geſenkt wird, bekannt ſein. — Man kann ſich manchmal, wo man ſchnell zum Ziele gelangen will und kein gar ſcharfes Reſultat verlangt, einer beſondern Wage bedienen, welche die Dichte unmittelbar ohne Rechnung angibt. Dieſe Wage gehört in die Claſſe der mathematiſchen Schnellwagen, und beſteht daher aus einem ungleicharmigen Balken acb (Fig. 269.), der in c ſeine Axe hat. Um die Einrichtung dieſer Wage und ihren Gebrauch deutlich einzuſehen, denke man ſich ein Gewichtchen, deſſen Werth unbekannt ſein darf, am äußerſten Punkte b des längern Armes aufgehängt u. den zu unterſuchenden Körper an einer Stelle e des kürzern Armes, wo er mit jenem Gewichte im Gleichgewichte ſteht. Taucht man dieſen, während er an der Wage hängt, in Waſſer und rückt das Gewicht von b näher an die Axe z. B. nach d, bis wieder Gleichgewicht herrſcht; ſo kann man aus der Länge des Stückes cd im Verhältniß zu cb die Dichte der angehängten Maſſe finden. Es ſei das Gewicht des Körpers in der Luft $= P$, das im Waſſer $= Q$, der Werth des Gegengewichts $= q$. Man hat $P \cdot ce = q \cdot bc$ und $Q \cdot ce = q \cdot dc$ das iſt $P = q \cdot \frac{bc}{ce}$, $Q = q \cdot \frac{dc}{ce}$ daher die Dichte des Körpers

$$\frac{P}{P - Q} = \frac{bc}{bc - cd}.$$

Iſt $bc = 1$, $bd = m$, ſo iſt $\frac{P}{P - Q} = \frac{1}{m}$.

Iſt daher der Wagebalken cb von b nach c in 2, 3, 4 u. ſ. w. gleiche Theile getheilt und zu den Theilpunkten, welche $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{3}{4}$ u. ſ. w. entſprechen, ſtatt dieſer Zahlen 2, 3, $\frac{3}{2}$, 4, $\frac{4}{3}$ u. ſ. w. geſetzt; ſo gibt diejenige dieſer Zahlen, welche den Ort des Gegengewichts bei der zweiten Abwägung (wo ſich der betreffende Körper im Waſſer befindet) bezeichnet, die Dichte deſſelben unmittelbar an. — Für gepulverte Maſſen kann man mit großem Vortheil einen beſondern Apparat gebrauchen, der das Volumen dieſer Maſſe nach Abſchlag der mit Luft gefüllten Zwiſchenräume genau kennen lernen hilft, und daher zur Kenntniß ihrer Dichte führt, wenn auch noch ihr abſolutes Gewicht mittels einer Wage gefunden iſt. Das Weſen dieſes Apparats, deſſen Kenntniß wir Say und Leslie verdanken, dürfte durch Folgendes verſtändlich werden. Man denke ſich eine gewöhnliche, beiderſeits offene Barometerröhre ab (Fig. 270.), deren oberer Theil etwas erweitert iſt und mit dem untern durch eine ſehr kleine, nur für die Luft durchgängige Oefnung in Communication ſteht. Man denke ſich dieſe Röhre bis zur Communicationsöffnung in Queckſilber getaucht, hierauf von oben luftdicht geſchloſſen und dann ſo weit aus dem Queckſilber herausgehoben, daß die in der Röhre ſchwebend erhaltene Queckſilberſäule halb ſo lang iſt, als die Queckſilberſäule im Barometer. Geſetzt es ſei dieſes der Fall, wenn die Oberfläche des Queckſilbers in der Röhre ſich in α befindet. Da nimmt nun die Luft, welche vorhin

nur den obern weitern Theil erfüllte, dieſen und einen Theil der untern Röhre bis α ein, und ihr Volumen iſt offenbar verdoppelt. Oeffnet man nun die Röhre wieder u. taucht ſie abermals ſo tief in Queckſilber wie vorhin, gibt aber in den obern Raum den gepulverten genau abgewogenen Körper, ſchließt das Gefäß von oben luftdicht und hebt die Röhre wieder heraus, bis die Queckſilberſäule in demſelben der halben Barometerhöhe gleicht; ſo wird auch nun die Luft über dem Queckſilber das Doppelte des Volumens einnehmen, welches ſie erfüllte, ſo lange der ganze äußere Luftdruck darauf wirkte. Iſt z. B. dieſes der Fall, wenn das Queckſilber in der Röhre bis β reicht, ſo iſt offenbar $\alpha\beta$ das Volumen der in die Röhre eingefüllten gepulverten Maſſe nach Abſchlag der Zwiſchenräume, welche Luft enthalten. — Um dieſe ſinnreiche Methode leicht und genau anwenden zu können, wurde für das wiener Muſeum vom Mechanikus Ekling die Vorrichtung conſtruirt, welche Fig. 271. verkleinert darſtellt. A iſt ein ſtählernes Gefäß, welches zur Aufnahme des gepulverten Körpers beſtimmt iſt, und $\frac{1}{2}$ Kubikzoll faßt. (M ſtellt es im Durchſchnitte vor.) Dieſes ſteht mittels einer vom oberſten Rande ausgehenden und von da herablaufenden Bohrung mit der Glasröhre C in Communication, welche in das Gefäß eingekittet iſt. Der obere Rand des Gefäßes iſt oben abgeſchliffen und mit einer Deckelplatte verſehen, die ſich mittelſt einer Schraube heben und auch luftdicht an das Gefäß andrücken läßt. Die Glasröhre C iſt in gleiche Raumtheile getheilt und eine mit Diamant eingeſchnittene Scale zeigt $\frac{1}{1000}$ Kubikzoll vom oberſten Punkte angefangen. Eine zweite Scale iſt an einem Eiſenſtängelchen F angebracht, das mit der Axe der Röhre parallel ſteht und ſich an der Glasröhre heben und ſenken läßt, ohne aber von ſelbſt ſeinen Platz zu verlaſſen. Es umfaßt die Glasröhre mit zwei Federklammern. Dieſe Scale iſt eine bloße Längenſcale in Linien getheilt und dient zum Meſſen der in der Glasröhre ſchwebend erhaltenen Queckſilberſäule. Dieſer ganze Apparat iſt in einer Klammer L befeſtigt, die ſich an einer verticalen gezahnten Stange mittelſt eines Getriebes heben und ſenken läßt. Dabei befindet ſich die Meßröhre C in einer 1 Zoll weiten und 24 Zoll hohen Glashülſe G, die ſich oben trichterförmig erweitert, und beim Verſuch mit Queckſilber gefüllt iſt. Ihr unteres geſchloſſenes Ende iſt in das Bodenſtück des Poſtaments eingelaſſen. Dieſes Poſtament beſteht aus zwei, mittels dreier Säulen verbundenen Holzplatten, wovon die untere, größere, Stellſchrauben hat, um der Glasröhre die nöthige verticale Lage geben zu können. Die obere iſt tellerförmig vertieft, um das etwa ausfließende Queckſilber aufzunehmen, und hat eine kleine, mit einem hölzernen Stift verſchließbare Oeffnung, um dieſes Queckſilber hindurch laſſen und ſammeln zu können. — Aus dem Vorhergehenden iſt es leicht, den Gebrauch dieſes Inſtruments einzuſehen. Man ſenke die Röhre C, während die Deckelſchraube gelüftet iſt, ſo weit in die Hülſe G, daß ſie bis zum Nullpunkt der Volumenſcale in Queckſilber getaucht iſt, ſchließe dann den Deckel des Stahlgefäßes und hebe die Röhre C mittels des Getriebes ſo weit aus dem Queckſilber, bis die in der Röhre ſchwebend erhaltene Säule ſo

lang iſt, wie die Hälfte der Queckſilberſäule im Barometer, deſſen Stand dem Luftdrucke entſpricht. Zur Meſſung dieſer Säule dient die eiſerne verſchiebbare Scale. In dieſer Stellung ſehe man auf den Theilſtrich der Volumenſcale, welcher der Oberfläche des Queckſilbers in der Röhre entſpricht. Hierauf laſſe man die Röhre wieder im Queckſilber herabſteigen, bis dieſes von Innen den Nullpunkt der Scale erreicht, öffne den Deckel, fülle in das Stahlgefäß den wohl abgewogenen gepulverten Körper, ſchließe den Deckel luftdicht, hebe die Röhre wieder wie vorhin aus dem Queckſilber und entnehme den Stand deſſelben in ihr, ſo bald die gehobene Säule wieder dem halben Luftdrucke entſpricht, an der Volumenſcale. Der vorhin gefundene Grad an dieſer Scale, von dem zuletzt gefundenen abgezogen, gibt das Volumen des Pulvers nach Abſchlag der mit Luft gefüllten Zwiſchenräume. — Bei dieſem Verſuche darf man mehre Vorſichtsmaßregeln nicht außer Acht laſſen. Man wende ſtets ſolches Queckſilber an, das ſchon einmal gekocht und in einem gut verſchloſſenen Gefäße aufbewahrt wurde und fülle es in die Glashülſe mit aller Vorſicht ein, damit es keine Luftblaſen enthalte. Dazu dient ein gläſerner Trichter, der bis auf den Boden der Hülſe reicht. Zur größern Sicherheit muß man ſelbſt dann, wenn die Hülſe auf dieſe Art gefüllt worden iſt, ſie durch ſanfte Stöße erſchüttern, um die etwa daran haftenden Luftblaſen auszutreiben. Man nehme ſich ja in Acht, während des Verſuchs die Wärme der Luft zu ändern und ſorge dafür, daß das Queckſilber, welches die Hülſe enthält, mit dem im Barometer einerlei Temperatur habe. Sollte dieſes nicht der Fall ſein, ſo reducire man beide Queckſilberſäulen auf einerlei Temperatur (nach dem Geſetze der Ausdehnung des Queckſilbers). Beim Meſſen der Queckſilberſäule mittels der eiſernen Scale hat man letztere ſtets ſo zu ſtellen, daß ein Theilſtrich derſelben mit der Oberfläche des Queckſilbers genau zuſammenfällt und man nicht nöthig hat, dem Augenmaße viel zu trauen. Wenn man beſorgen muß, daß die in den Poren des Pulvers enthaltene Luft verdichtet ſei, ſoll man den Verſuch mehre Male wiederholen, jedoch ſo, daß man die gehobene Queckſilberſäule nicht immer dem halben Luftdruck entſprechend macht, ſondern $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ u. ſ. w. deſſelben. Daß bei allen dieſen Verſuchen die Glasröhre eine verticale Stellung haben muß, verſteht ſich von ſelbſt.

Wenn einem auch die beſten Inſtrumente zur Ausmittlung der Dichte der Körper zu Gebote ſtehen, ſo darf man doch nur dann ein genaues Reſultat erwarten, wenn man die bei der Behandlung derſelben nöthigen Vorſichten kennt und gehörig anwendet. — Bei der Ausmittelung der Dichte eines feſten, compacten, im Waſſer unlöslichen Körpers hat man bekanntlich zuerſt das abſolute Gewicht deſſelben in der Luft, und dann daſſelbe im Waſſer zu beſtimmen. Beim Abwägen in der Luft ſind alle jene Vorſichten anzuwenden, welche beim Gebrauche der Wage (ſ. d. Art.) zu beobachten ſind. Beim Abwägen im Waſſer bedarf es noch anderer Maßregeln. Die erſte Rückſicht verdient das Waſſer und das daſſelbe enthaltende Gefäß. Es iſt zu genauen Verſuchen unerläßlich, ganz reines Waſſer zu wählen und deſſen Tem-

peratur genau zu beſtimmen. Das Gefäß, worin es enthalten iſt, ſoll ſo weit ſein, daß der darin ſchwebende Körper noch an jeder Seite $\frac{1}{2}$ Zoll von den Wänden desſelben abſtehe. Daß es die zur Aufnahme des ganzen Körpers nöthige Tiefe haben muß, iſt von ſelbſt klar. — Iſt der betreffende Körper dichter als Waſſer, ſo wird er mittels eines feinen Fadens an den Haken der kürzer gehängten Wagſchale befeſtigt. Dieſer Faden ſoll möglichſt dünn ſein. Je dicker ein Faden iſt, deſto mehr beträgt der Fehler, welcher aus dem beim Schwanken der Wage unvermeidlichen zu tiefen Einſinken desſelben hervorgeht, und deſto mehr wird das Reſultat der Abwägung von der durch Capillarität am Faden gehobenen Waſſeröhre afficirt. Iſt das abſolute Gewicht des betreffenden Körpers unter 1 Quentchen, ſo reicht man mit einem einfachen Coconfaden aus; bis zu einem Gewichte von 1 Loth thut ein Menſchenhaar ſehr gute Dienſte. Ueber dieſes Gewicht hinaus muß man ſchon zu Metallfäden ſeine Zuflucht nehmen. Platindrähte ſind vorzüglich zu empfehlen. Mehre einfache Fäden zu einer Schnur zuſammengedreht oder geflochten, ſollen nie gebraucht werden, weil ſie Waſſer aufſaugen und dadurch das Reſultat unſicher machen. — Iſt das Gewicht des ſo aufgehängten Körpers beſtimmt, ſo wird von demſelben das Gewicht des Fadens, woran er beim Abwägen hing, abgezogen u. der Reſt notirt. Hierauf wird der Körper, während er noch mit den Gegengewichten balancirt, in das Waſſer geſenkt. Dieſes bewerkſtelligt man dadurch, daß man das unter demſelben befindliche Waſſergefäß mittels einer beſondern Vorrichtung ſanft hebt. Sobald der Körper ins Waſſer eintritt, wird das Gleichgewicht geſtört. Man ſtellt es dadurch wieder her, daß man auf die Schale, worunter der Körper hängt, Gewichte zulegt, nicht aber dadurch, daß man von der andern Schale, Gewichte wegnimmt, um nicht einem etwaigen Fehler der Wage einen ſchädlichen Einfluß zu geſtatten. Iſt die ganze Maſſe in das Waſſer getaucht und das Gleichgewicht hergeſtellt, ſo geben die Zuleggewichte den Gewichtsverluſt des Körpers und des mit ihm eingetauchten Fadenſtücks an; iſt demnach letzteres aus einem vorläufigen oder gleich darauf folgenden Verſuche bekannt, ſo läßt ſich leicht der Gewichtverluſt der betreffenden Maſſe beſtimmen. Beim Abwägen im Waſſer zeigt ſich ſelbſt die empfindlichſte Wage minder empfindlich und man begeht gar leicht einen ſehr einflußreichen Fehler. Deßhalb thut man gut, wenn man dieſe Operation noch einmal vornimmt, und ſchon vor dem Einſenken des Körpers in das Waſſer die Gewichte ſo zulegt, wie man ſie beim erſten Verſuch zur Herſtellung des Gleichgewichts für nöthig erkannt hat, auch den Körper anders an den Faden befeſtigt, damit ein anderer Theil desſelben nach abwärts gekehrt ſei und er nicht in beiden Fällen einerlei Widerſtand erleide, ſondern dieſer in einem Falle beim Senken des Körpers, im andern beim Steigen desſelben ausgiebiger ſei, und aus dieſen Abwägungsreſultaten den Mittelwerth nimmt. — Der im Waſſer ſchwebende Körper ſoll von allen Luftbläschen möglichſt frei ſein. Solche Körper, die ihrer Natur nach eine fette Oberfläche haben, oder die öfters durch die Hände gehen, nehmen nicht gleich das Waſſer an und haben an ſolchen Stellen häufig kleine Bläschen. Man

34*

beugt dieſem Uebel leicht vor, wenn man die Maſſe, nachdem ſie in der Luft abgewogen worden iſt, in Waſſer taucht oder geradewegs mit Waſſer wäſcht, bis dieſes allenthalben angreift. Zeigen ſich aber doch noch Blaſen, wenn er ſchon am Faden im Waſſer hängt, ſo muß man ſie mit einem feinen Haarpinſel wegnehmen. Daſſelbe ſoll mit jeder andern etwa an der Oberfläche des Waſſers vorhandenen Luftblaſe geſchehen, damit man nicht beſorgen darf, ſie hänge ſich an den Faden und verurſache eine Unrichtigkeit. — Körper, welche ſo porös ſind, daß ſich aus ihnen längere Zeit hindurch Luftblaſen entwickeln, wie z. B. einige Samen, Korkholz u. ſ. w. ſoll man füglich nur mit dem Leslieſchen Apparate unterſuchen und vom Abwägen derſelben im Waſſer ganz abſtehen. — Bei der Unterſuchung von Körpern, die leichter ſind als Waſſer, und darum in die Zange Fig. 268. b eingeſpannt werden, oder bei Körnern, deren mehre zuſammen auf der gläſernen Schale Fig. 268. c, abgewogen worden, ja ſelbſt bei Maſſen, die im Waſſer unauflöslich ſind, und deßhalb in einer andern Flüſſigkeit, wie z. B. in Alkohol, Terpentinöl u. ſ. w. abgewogen werden müſſen, hat man dieſelben Regeln zu beobachten, wie vorhin. Nur wenn man im letztern Falle es vorzieht, den im Waſſer löslichen Körper dadurch gegen daſſelbe zu ſchützen, daß man ihn mit Wachs umgibt, muß man die Aufmerkſamkeit auf etwaige Luftblaſen verdoppeln und zwar nicht bloß darauf ſehen, daß ſich von Außen keine derſelben anſetze, ſondern auch, daß ſich das Wachs allenthalben an den Körper anlege. Indeß wird man es da ſelbſt bei großer Aufmerkſamkeit ſchwerlich zu einem ſo richtigen Reſultate bringen, wie beim Abwägen in einer Flüſſigkeit, die den Körper nicht angreift, weil bei den vielen Größenbeſtimmungen, die da eintreten müſſen, ſelbſt kleine Fehler durch Zuſammenwirken eine große Unrichtigkeit verurſachen können. — Auch beim Abwägen tropfbarer Maſſen bedarf es keiner neuen Maßregeln. Beſtimmt man die Dichte einer Flüſſigkeit durch Abwägen eines kleinen mit derſelben gefüllten Fläſchchens, ſo hat man das zu beobachten, was beim Abwägen überhaupt zu berückſichtigen; geſchieht dieſe Beſtimmung hingegen durch Abwägen eines feſten Körpers in dieſer Flüſſigkeit, ſo hat man den Fall, welcher vorhin beſprochen wurde. — Die Richtigkeit des Reſultats, welches man bei der Beſtimmung der Dichte der Körper mittels der Wage erhält, richtet ſich bei übrigens gleichen Umſtänden auch nach der Größe der unterſuchten Maſſe. Gar kleine Körper geſtatten keine große Genauigkeit, beſonders wenn ihre Dichte nicht groß iſt, weil jeder Abwägungsfehler für ſich ſchon einen großen Einfluß auf das Reſultat nimmt, und die Abwägung im Waſſer oder in einer andern tropfbaren Flüſſigkeit mit deſto weniger Genauigkeit vollzogen werden kann, je geringer das Volumen und die Dichte eines Körpers iſt. Indeß darf man auch bei gar großen Maſſen nicht viel erwarten. Solche beſchweren die Wage zu ſehr, fordern eine zu große Waſſermaſſe, in welcher leicht Ungleichheiten der Temperatur eintreten können, es hält ſchwer, alle Luftblaſen zu bemerken und ſie ſind in der Regel viel zu wenig homogen, als daß ſie irgend eine Varietät oder gar eine Species vorſtellen könnten. Sie enthalten häufig Höhlungen, fremde,

beigemengte Stoffe u. ſ. w. und machen dadurch, daß man ſelbſt in dem Falle, wo man ihre Dichte genau genug beſtimmt hat, von derſelben nicht den ausgedehnten Gebrauch machen kann, welchen ſonſt die Natur der Sache geſtattet. — Wenn man auch alle dieſe Umſtände wohl berückſichtigt, ſo wird man doch die Dichte feſter und tropfbarer Körper auf die des reinen Waſſers bei ſeiner größten Dichte bezogen, kaum über die dritte Decimalſtelle mit Genauigkeit erhalten können. Ja ſelbſt dieſe wird nur dann Zutrauen verdienen, wenn man die nach dem Vorhergehenden beſtimmten Größen gehörig zu reduciren verſteht. — Wenn die Dichte gasförmiger Körper beſtimmt werden ſoll, hat man die Reinheit des Gaſes und die Beſchaffenheit des Gefäßes, worin es ſtets gewogen wird, vorzüglich zu berückſichtigen. Wie reine Gaſe bereitet und wie ein Gas auf ſeine Reinheit unterſucht wird, gehört in das Gebiet der Chemie; von Feuchtigkeit wird es dadurch befreit, daß man es mit Stoffen in Berührung bringt, welche das Waſſer ſtark anziehen, wie ſalzſaurer Kalk, Pottaſche, Schwefelſäure *); alſo iſt nur noch übrig, einiges über die Beſchaffenheit des Gefäßes zu ſagen, worin man das Gas abwägt. — Man wählt zu dieſem Gefäße faſt ausſchließlich gläſerne Ballons. Ein ſolcher ſoll wenigſtens $\frac{1}{2}$ Kubikfuß Inhalt haben, um den Einfluß der unvermeidlichen Abwägungsfehler zu vermindern, aus reinem dünnen Glaſe beſtehen, damit ſein Gewicht nicht übermäßig groß ausfalle und mit einer Metallfaſſung verſehen ſein, die ſich abſchrauben läßt. Letzteres iſt beſonders darum nothwen-

*) Salzſaurer Kalk und Pottaſche müſſen eigens zubereitet werden, wenn man ſie zum Austrocknen der Gaſe benutzen will. Man ſchmilzt ſie nämlich in einem irdenen Schmelztiegel, gießt ſie dann auf eine Steinplatte aus, zerbricht ſie in kleine Stücke und bewahrt ſie in einer wohlverwahrten Glasflaſche auf. Will man damit ein Gas austrocknen, ſo nimmt man eine Glasröhre, die etwa 6 Zoll bis 2 Fuß lang und $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll weit iſt, füllt ſie mit größeren oder kleineren Stücken von einer der erwähnten austrocknenden Subſtanzen an, bringt ein Ende derſelben mit dem Gefäße in genaue Verbindung, welches das Gas enthält, das andere mit dem, welches es aufnehmen ſoll, und leitet es hierauf durch die Röhre. Je langſamer das Gas ſtreicht, deſto beſſer trocknet es aus. Iſt die Röhre 2 Fuß lang und $\frac{1}{2}$ Zoll weit, ſo kann man binnen 10 Minuten 100 Kubik-Zoll Gas durchſtreichen laſſen, und des völligen Austrocknens gewiß ſein. Bei engern oder kürzern Röhren braucht man dazu mehr Zeit. Man kann auch das Gas in einem Recipienten einige Zeit über der austrocknenden Subſtanz ſtehen laſſen. Beim Austrocknen eines Gaſes mit concentrirter Schwefelſäure kann man auf ähnliche Weiſe verfahren. Man füllt in eine etwas gebogenen Glasröhre kleine Glasſtücke und gibt dazu ſo viel Schwefelſäure als nöthig iſt, um alle Glasſtücke zu befeuchten, u. daß das Gas noch Raum zum Durchſtreichen behält. Das Austrocknungsmittel muß der chemiſchen Natur des Gaſes entſprechend gewählt werden, damit nicht eine chemiſche Verbindung oder Zerſetzung erfolge. Daher dürfen ſaure Gaſe nicht mit einem Alkali in Verbindung kommen.

dig, weil man den Ballon, um ſeine Capacität zu erfahren, mit Waſſer füllen und hierauf wieder völlig austrocknen muß, eine Arbeit, die langſam vor ſich geht und doch nur unvollkommen ausgeführt werden kann, wenn man nur durch eine kleine Oeffnung, wie ſie Faſſungen, die mit Hähnen verſehen ſind, zu haben pflegen, ins Innere gelangen kann. Aber ſelbſt bei einer größern Oeffnung darf man ſich nicht auf das bloße Austropfen des Ballons verlaſſen, ſondern muß mit andern Mitteln zu Hilfe kommen. Vorzüglich wirkſam iſt in dieſer Hinſicht, den Ballon, nachdem er vom tropfenden Waſſer befreit iſt, auf die Luftpumpe aufzuſchrauben, die Luft auszupumpen, ſie wieder zuzulaſſen und dieſes Verfahren öfters zu wiederholen. Iſt der Hals des Ballons ſo weit, daß man ohne Verunreinigung deſſelben austrocknende Salze anwenden kann, ſo gelangt man um ſo ſicherer zum Ziele.

Die Formeln, welche man zur Berechnung der Dichte der Körper braucht, wenn man den Einfluß der Temperatur, des Luftdruckes und des Gewichtsverluſtes der Körper in der Luft vernachläſſigt, ſind bekannt (ſ. oben); hier handelt es ſich aber um jene, welche den Einfluß aller dieſer Größen in ſich faſſen und daher ein völlig ſcharfes Reſultat geben, wenn nur die durch die Erfahrung zu beſtimmenden Größen richtig angegeben ſind. — Wenn ein feſter Körper die Maſſe P hat und in der Luft mit dem Gewichte p an einer Wage im Gleichgewicht ſteht, s das ſpecif. Gewicht der Luft, S_1 das der Maſſe, woraus das Gewicht beſteht, S das des Körpers iſt, und ſich ſein Volumen vom Eispunkt bis zur Temperatur des Verſuches im Verhältniſſe 1 : c, das Gewicht hingegen im Verhältniſſe 1 : k ausdehnt: ſo hat man

$$P = p\,\frac{\left(1 - \frac{k^3 s}{S_1}\right)}{1 - \frac{c^3 s}{S}} \text{..........................(A).}$$

Wird dieſe Maſſe in Waſſer von bekannter Temperatur abgewogen, ſo mögen, weil die Temperatur deſſelben von der der Luft verſchieden ſein kann; p_1, k_1, s_1, das bezeichnen, was vorhin p, k, s bedeuteten, σ aber das ſpecif. Gewicht des Waſſers. Da erhält man

$$P = p_1\,\frac{1 - \frac{k_1^3 s_1}{S_1}}{1 - \frac{c_1^3 \sigma}{S}} \text{........................(B).}$$

Elimirt man aus (A) und (B) die Größe P und ſetzt $\frac{k^3\,s}{S} = a$, $\frac{k_1^3 s_1}{S_1} = a_1$; ſo wird

$$S = \frac{p c_1^3 \sigma\,(1 - a) - p_1\,c^3 s\,(1 - a_1)}{p\,(1 - a) - p_1\,(1 - a_1)}$$

oder wenn man nur die erſten Potenzen von a und a_1 berückſichtigt,

$$S = \frac{p}{p - p_1} \cdot c_1^3 \sigma - \frac{p_1}{p - p_1} \cdot c^3 s + \frac{p\, p_1}{(p - p_1)^2} \cdot c^3 (a_1 - a) \ldots (C).$$

Sieht man den mit Luft erfüllten Raum als leer an und denkt ſich beide Abwägungen bei der Normaltemperatur $= 0$ vollzogen; ſo hat man $c = c_1 = 1$, $s = 0$, $a_1 = a$ und dann iſt $S = \frac{p}{p - p_1} \sigma$, welches die gewöhnliche Formel iſt, die aber bei vielen Unterſuchungen zu wenig Genauigkeit gewährt.

Wird das ſpecif. Gewicht einer **tropfbaren Flüſſigkeit** hydroſtatiſch beſtimmt, ſo hat man drei Abwägungen, nämlich die des Hilfskörpers in der Luft, im Waſſer und in der zu unterſuchenden Flüſſigkeit. Behält man die vorher angenommenen Bedeutungen der Buchſtaben bei, ſo hat man für die Abwägung in der Luft die Gleichung (A), für die Abwägung im Waſſer die Gleichung (B) und für die Abwägung in der betreffenden Flüſſigkeit die Gleichung

$$P = p_2 \frac{1 - \frac{k_2^3\, s_2}{S_1}}{1 - \frac{c_2^3\, \sigma_1}{S}} \ldots\ldots\ldots\ldots (D)$$

wobei σ_1 das ſpecif. Gewicht der zu unterſuchenden Flüſſigkeit iſt, p_2, k_2, s_2, c_2, aber ihre vorige Bedeutung in Bezug auf dieſe Abwägung haben. Durch Vergleichung der Gleichung B mit A, erhält man die Näherungsgleichung (C) und durch Vergleichung von D mit A die Gleichung

$$S = \frac{p}{p - p_2} \cdot c_2^3 \sigma_1 - \frac{p_2}{p - p_2} c^3 s + \frac{p\, p_2}{(p - p_2)^2} c^3 (a_2 - a) \ldots\ldots\ldots (E)$$

und aus (C) und (E)

$$\sigma_1 = \frac{p - p_2}{p - p_1} \cdot \frac{c_1^3}{c_2^3} \sigma - \frac{p_1 - p_2}{p - p_1} \cdot \frac{c^3}{c_2^3} s + {}$$
$$+ \frac{p - p_2}{(p - p_1)^2} \cdot \frac{c^3}{c_2^3} \cdot p_1 (a_1 - a) - \frac{p_2}{p - p_2} \cdot \frac{c^3}{c_2^3} \cdot (a_2 - a) + \ldots$$

Sucht man das Waſſer und die betreffende Flüſſigkeit bei einerlei Temperatur mit der Luft zu erhalten: ſo hat man $c = c_1 = c_2$, $a = a_1 = a_2$ und demnach

$$\sigma_1 = \frac{p - p_2}{p - p_1} \cdot \sigma - \frac{p - p_2}{p - p_1} \cdot s + \ldots\ldots (F).$$

Sieht man endlich die in der Luft erfolgte Abwägung ſo an, als wäre ſie im leeren Raume erfolgt, ſo erhält man den gewöhnlichen abgekürzten Ausdruck nämlich $\sigma_1 = \frac{p - p_2}{p - p_1} \sigma$. — Wird das ſpecifiſche Gewicht einer Flüſſigkeit nicht aus dem Gewichtsverluſte eines feſten Körpers in ihr, ſondern mittels eines Fläſchchens beſtimmt, das ein beſtimmtes Volumen derſelben faßt, ſo geſchieht die Berechnung der geſuchten Größe auf folgende Weiſe: Es ſei wieder wie vorhin p_1 das Gewicht der Flüſſigkeit, welche das Gefäß bei $0°$ C faßt und c die ku-

biſche Ausdehnung des Gefäßes, β die der Flüſſigkeit von 0° bis zur Temperatur t°, bei welcher der Verſuch gemacht wurde, p_t die Gewichtsmenge dieſer Flüſſigkeit, welche das Gefäß bei t° C faßt und π das Gewicht der Luft unter dieſem Volumen bei der Temperatur und dem Luftdrucke des Verſuchs. Man hat offenbar $\frac{p_o(1+c)}{1+\beta} = p_t + \pi$ und $p_o = \frac{(p_t + \pi)(1 + \beta)}{1 + c}$. Iſt daher ν das Volumen des Gefäßes, ſo iſt das Gewicht der Flüſſigkeit unter dem Volumen = 1 bei 0° C gleich $\frac{(p_t + \pi)(1 + \beta)}{\nu(1 + c)}$. — Es ſei das Gewicht des Ballons, den man zur Beſtimmung des ſpec. Gewichtes eines Gaſes braucht, im leeren Raume = P. Heißt ſeine Capacität bei 0° C ν_o, ſo iſt dieſelbe bei t° C = $\nu_o(1 + ct)$, wenn c der kubiſche Ausdehnungscoefficient des Gefäßes für 1° C iſt. Bezeichnet man das Gewicht der trocknen atmoſphäriſchen Luft, welche der Ballon bei 0° C und bei 0,76 Meter Luftdruck faßt, mithin das Gewicht der Luft unter dem Volumen ν_o mit p_o, ſo hat dieſe Luft bei t° C und dem Barometerſtande b das Volumen $\nu_o(1 + \alpha t)\frac{0,76}{b}$ wo α = 0,00375 iſt, und dieſe Luft hat wieder das Gewicht p_o. Daher iſt das Gewicht des Volumen 1 gleich $\frac{p_o b}{\nu_o(1 + \alpha t)\, 0,76}$ und das Gewicht unter dem Volumen $\nu_o(1 + ct)$ gleich $\frac{p_o(1 + ct)\, b}{(1 + \alpha t)\, 0,76}$. Schraubt man obigen Ballon auf eine Luftpumpe auf, und verdünnt darin die Luft ſoweit, daß die Barometerprobe noch den Druck δ zeigt, ſo hat die zurückgebliebene Luft das Gewicht $\frac{p_o(1 + ct)\,\delta}{(1 + at)\, 0,76}$. Wiegt man den Ballon ſammt ſeinem Inhalte ab, ſo findet man das Gewicht der Maſſe des Ballons P_1 und der darin zurückgebliebenen Luft, weniger der Luftmaſſe, die er verdrängt. Um letztere dem Gewichte nach zu finden, ſei e die Spannkraft der Waſſerdünſte in der Luft und daher das Gewicht der Dünſte unter dem innern Volumen des Ballons vor der Luftverdünnung $\frac{5}{8} p_o \frac{(1 + ct)\, e}{(1 + \alpha t)\, 0,76}$ und das Gewicht der durch ſie verdrängten Luftmaſſe $\frac{p_o(1 + ct)\, e}{(1 + \alpha t)\, 0,76}$ daher hat die reine dunſtfreie Luft unter dem innern Volumen des Ballons das Gewicht $\frac{p_o(1 + ct)\, b}{(1 + \alpha t)\, 0,76} - \frac{p_o(1 + ct)\, e}{(1 + \alpha t)\, 0,76}$ und dieſe Luft nebſt den Dünſten unter dieſem Volumen wiegt $\frac{p_o(1 + ct)(b - e + \frac{5}{8}e)}{(1 + \alpha t)\, 0,76}$ $= \frac{p_o(1 + ct)(b - \frac{3}{8}e)}{(1 + \alpha t)\, 0,76}$. Heißt nun f das Gewicht der Luft

unter dem Volumen der Maſſe des Ballons, ſeiner Faſſung u. ſ. w., ſo iſt ſein ganzer Gewichtsverluſt in der Luft

$$\frac{p_o\,(1+ct)\,(b-\tfrac{3}{8}e)}{(1+\alpha t)\,0{,}76}+f \text{ und daher}$$

$$P_1 = P + \frac{p_o\,(1+ct)\,\delta}{(1+\alpha t)\,0{,}76} - \frac{p_o\,(1+ct)\,(b-\tfrac{3}{8}e)}{(1+\alpha t)\,0{,}76} - f \ldots (G).$$

Läßt man nun in dieſen Ballon bei der Temperatur t_1 und dem Luftdruck b_1 eine trockene Gasart eindringen, die ſich mit dem Rückſtande der atmoſphäriſchen Luft vermengt und mit dieſer vereint dem Druck b_1 das Gleichgewicht hält, ſo ſei q_o die Gewichtsmenge dieſes Gaſes bei 0_o und bei 0,76 M. Luftdruck, das der leere Ballon faſſen kann. Er faßt nun bei den obwaltenden Umſtänden das Gewicht

$$\frac{q_o\,(1+ct_1)\,(b_1-\delta)}{(1+\alpha t_1)\,0{,}76}$$

und das Gewicht der geſammten, im Ballon befindlichen Luft iſt

$$\frac{q_o\,(1+ct_1)\,(b_1-\delta)}{(1+\alpha t_1)\,0{,}76} + \frac{p_o\,(1+ct)\,\delta}{(1+\alpha t)\,0{,}76}.$$

Wägt man dieſen Ballon bei der Temperatur t_2 und dem Luftdrucke b_2 ab, und findet deſſen Gewicht P_2, ſo iſt dieſes Gewicht wieder um den ganzen Gewichtsverluſt in der Luft geringer als ſein abſolutes Gewicht im leeren Raume, das man zu wiſſen braucht. Da dieſer Verluſt $\frac{p_o\,(1+ct_2)\,(b_2-\tfrac{3}{8}e_1)}{(1+\alpha t_2)\,0{,}76}$ beträgt, vorausgeſetzt, die Dünſte in der Luft haben die Spannkraft e_1 ſo wird wieder

$$P_2 = P + \frac{q_o\,(1+ct_1)\,(b_1-\delta)}{(1+\alpha t_1)\,0{,}76} + \frac{p_o\,(1+ct)\,\delta}{(1+\alpha t)\,0{,}76}$$
$$- \frac{p_o\,(1+ct_2)\,(b_2-\tfrac{3}{8}e_1)}{(1+\alpha t_2)\,0{,}76} - f_1 \ldots\ldots\ldots (H)$$

wo f_1 einem mit f analogen Werth hat. Zieht man die Gleichung (G) von (H) ab und ſetzt, was ohne merklichen Fehler geſchehen kann $f_1 = f$; ſo wird $P_2 - P_1 = \frac{q_o\,(1+ct_1)\,(b_1-\delta)}{(1+\alpha t_1)\,0{,}76}$

$$- \frac{p_o(1+ct_2)\,(b_2-\tfrac{3}{8}e_1)}{(1+\alpha t_2)\,07{,}6} + \frac{p_o(1+ct)\,(b-\tfrac{3}{8}e)}{(1+\alpha t)\,0{,}76} \ldots\ldots\ldots (J).$$

War die zweite Luftart wieder atmoſphäriſche Luft, ſo iſt $p_o = q_o$ und man bekommt ſomit

$$p_o = \frac{(P_2 - P_1)\,0.76}{\frac{(1+ct)\,(b-\tfrac{3}{8}e)}{1+\alpha t} + \frac{(1+ct_1)(b_1-\delta)}{2+\alpha t_1} - \frac{(1+ct_2)\,(b_2-\tfrac{3}{8}e_1)}{1+\alpha t_2}}.$$

Da nun p_o bekannt iſt, ſo kann man ſeinen Werth in (J) ſubſtituiren und in folgender Gleichung q_o als gegeben anſehen.

$$q_o = \frac{(P_2-P_1)\,0{,}76 + \frac{p_o(1+ct_2)\,(b_2-\tfrac{3}{8}e_1)}{1+\alpha t_2} - \frac{p_o(1+ct)\,(b-\tfrac{3}{8}e)}{1+\alpha t}}{\frac{(1+ct_1)\,(b_1-\delta)}{1+\alpha t_1}}.$$

Es iſt gut, den Ballon, nachdem man ihn mit dem Gaſe abgewogen hat, noch einmal auf die Luftpumpe zu bringen und dieſes Gas, ſo ſtark es angeht, zu verdünnen und das Ganze noch einmal abzuwägen. Geſchieht dieſes bei der Temperatur t_3 und dem Luftdrucke b_3, und findet man beim Abwägen das Gewicht P_3, ſo wird

$$q_o = \frac{(P_3 - P_2)0,76 + \frac{p_o(1+ct_2)(b_2 - \frac{3}{8}e_1)}{1+\alpha t_2} - \frac{p_o(1+ct_3)(b_3 - \frac{3}{8}e_2)}{(1+\alpha t_3)}}{\frac{(1+ct_1)(b_1 - \delta)}{1+\alpha t_1}}.$$

Addirt man beide Gleichungen für q_o, und nimmt b_2, t_2 als mittlere Proportionirte von b und b_3, t_1 u. t_3 an, wozu man berechtigt iſt, wenn der Luftdruck und die Temperatur im ſteten Wachſen oder Abnehmen begriffen ſind, ſo erhält man:

$$q_o = \frac{\left(P_2 - \frac{(P + P_3)}{2}\right)(1 + \alpha t_1)\,0,76}{(1 + ct_1)(b_1 - \delta)}.$$

Kennt man die Werthe p_o und q_o und zugleich das innere Volumen v des Ballons bei 0°, ſo findet man leicht das Gewicht einer Luftmaſſe unter dem Volumen = 1, und die Dichte der verſchiedenen Gaſe gegen die der atmoſphäriſchen Luft und des Waſſers. — Dieſes Verfahren iſt aber nur auf Gaſe anwendbar, die das Metall der Luftpumpe nicht angreifen. Wo dieſes eintritt, muß man die Anwendung, ſowohl der Pumpe als metallener Hähne vermeiden. Man braucht erſtere auch nicht, wenn man einmal das Volumen eines Ballons und das Gewicht der atmoſphäriſchen Luft, die er faßt, kennt. Wiegt man nämlich einen ſolchen Ballon mit der atmoſphäriſchen Luft, die er enthält, und hierauf mit Waſſer oder Queckſilber gefüllt, ab, ſo kann man daraus das Gewicht des leeren Ballons im leeren Raume berechnen. Füllt man dann die trockne Luftart, z. B. Chlorglas ein, und wägt den Ballon wieder, ſo erkennt man leicht das Gewicht dieſes Gaſes, welches im Ballon enthalten iſt, und berechnet leicht auch das unter dem Volumen = 1. — In vielen Fällen berechnet man die Dichte eines Gaſes nach ſeinen chemiſchen Beſtandtheilen, wie gezeigt wurde.

Man erleichtert ſich die Beſtimmung der Dichte der Körper ungemein, wenn man ſich dazu den Aräometer bedient, muß aber immer darauf gefaßt ſein, die Erſparung an Zeit und Mühe durch einen weniger genauen Erfolg zu erkaufen. Um dieſe Arbeit gehörig vornehmen zu können, iſt es nothwendig, von den Aräometern ſelbſt eine genaue Kenntniß zu beſitzen. Die Scalenaräometer erhalten eine von den Einrichtungen a, b, c (Fig. 272.). Alle ſind unten ſo belaſtet, daß ſie mit Stabilität ſenkrecht im Waſſer ſtehen, und oben haben ſie eine Scale, an der man die Tiefe beobachtet, bis zu welcher das Inſtrument in einer gewiſſen Flüſſigkeit einſinkt, und hiernach das ſpecif. Gewicht der Flüſſigkeit berechnet, wenn nicht die Scale ſelbſt ſchon dieſes Gewicht angibt. Da die Dichte der gemiſchten Flüſſigkeiten ſtets einer beſtimmten Art der Miſchung entſpricht, ſo bedient man ſich der Aräometer

auch, um zu erkennen, wie viel Procent einer Subſtanz der zu unterſuchenden Flüſſigkeit beigemiſcht ſind, und nimmt hierzu eingerichtete Senkwagen, deren Scale meiſt ſchon die Procente der Miſchung angibt, Procentaräometer, oder nach der Flüſſigkeit, für welche ſie beſtimmt ſind, Salpeterſäure-, Weingeiſtaräometer u. ſ. w. (S. d. Folg.).

Einige Aräometer geben an ihrer Scale weder das ſpecif. Gewicht noch ein beſtimmtes Miſchungsverhältniß an, indem ſie willkürlich eingetheilte Scalen haben. Die Grade ſind unter einander gleich, und es entſpricht eine Einſinkung um eine gewiſſe Anzahl Grade nicht einer in demſelben Maße veränderten Dichte. Da dieſe Aräometer in ziemlich ausgebreitetem Gebrauch ſind, ſo muß man die Conſtruction ihrer Scalen und die Bedeutung ihrer Angaben für ſpecif. Gewicht kennen. Am wichtigſten unter dieſen Inſtrumenten ſind die von Beaumé, Cartier und Beck.

Die Aräometer nach Beaumé's Conſtruction ſind die gewöhnlichſten, und werden zur Bezeichnung der Stärke des Weingeiſtes, der Säuren und Salzauflöſungen u. ſ. w. gebraucht. Man verfertigt beſondere Inſtrumente dieſer Art für Flüſſigkeiten, die leichter ſind als Waſſer und für ſolche, die ſchwerer ſind. Die Graduirung wird bei beiden auf verſchiedene, und zwar auf folgende Weiſe bewerkſtelligt. — Um die Scale für ſchwere Flüſſigkeiten (Fig. 273.) herzuſtellen, bereitet man eine Auflöſung von 3 Theilen Kochſalz in 17 Theilen Waſſer, bemerkt am Halſe des Inſtruments den Punkt b, bis zu welchem es in dieſe Auflöſung einſinkt und bezeichnet ihn mit 15. Der Punkt a hingegen, bis auf den das Aräometer in deſtillirtem Waſſer untertaucht, wird 0 genannt. Den Raum zwiſchen a und b theilt man in 15 gleiche Theile, und trägt noch mehre ſolche Theile (meiſt bis zu 70) von b abwärts auf. Bei dem Aräometer für leichte Flüſſigkeiten, wozu Fig. 274. die Scale zeigt, erhält der Punkt a, bis zu welchem das Inſtrument im Waſſer einſinkt, die Bezeichnung 10; ein zweiter Punkt b, den man 0 heißt, wird durch Eintauchen in eine Auflöſung von 1 Theile Kochſalz in 9 Theilen Waſſer beſtimmt. Den Raum ab theilt man in 10 gleiche Theile, und ſolche Grade werden in beliebiger Anzahl (gewöhnlich bis 50) auf die übrige Länge der Scale aufgetragen. — Es iſt ein Mangel der Beauméſchen Aräometer, daß für den Einſenkungspunkt im Waſſer einmal der zehnte Grad, und einmal Null angeſetzt wurde. Uebrigens können dieſe Inſtrumente, obgleich ſie nicht das Verhältniß der ſpecif. Gewichte durch ihre Graduirung anzeigen, doch mit gutem Erfolge zur Vergleichung von Flüſſigkeiten gebraucht werden, wenn ſie gehörig mit einander übereinſtimmen. Dieſe Uebereinſtimmung wird nur erreicht, wenn das zur Graduirung angewendete Kochſalz ſtets gleich rein iſt; wenn die Beſtimmung der beiden Fundamentalpunkte a, b (Fig. 273., 274.) immer bei der nämlichen Temperatur geſchieht (denn das Waſſer ſowohl als die Salzauflöſung haben bei warmer Luft ein kleineres ſpecif. Gewicht als bei kalter) und wenn endlich der Hals der Inſtrumente vollkommen cylindriſch iſt. — Von dieſen drei Umſtänden wird in der Regel nur auf den zweiten,

nämlich auf die Temperatur, Rückſicht genommen: Grund genug, die oft ziemlich unvollkommene Uebereinſtimmung zwiſchen den nach Beaumé's Grundſätzen verfertigten Aräometern erklärlich zu finden. Beaumé beſtimmte die Fundamentalpunkte ſeiner Scalen bei einer Wärme von 11° R., jetzt wählt man dazu häufig die Temperatur von 14° R. Die Beſtimmung der Grade mittels zweier einander ſo nahe liegender Punkte, iſt übrigens von ſchädlichem Einfluſſe auf die Genauigkeit; denn ein hier begangener Fehler wiederholt ſich beim weitern Auftragen der Grade und wird am Ende der Scale ſehr merklich: Es iſt darum beſſer, neu zu verfertigende Aräometer nach einem guten Muſter zu graduiren, indem man beide mit einander in zwei Flüſſigkeiten von verſchiedenem ſpecif. Gewichte ſtellt, die zwei Einſenkungspunkte auf dem ungraduirten Inſtrumente bemerkt, und den Zwiſchenraum in ſo viele Grade eintheilt, als er auf dem Muſter-Aräometer enthält. — Die Scale von Cartier's Aräometer, welches in Frankreich zur Prüfung des Brantweins und Weingeiſtes angewendet wird, iſt aus der Beauméſchen durch eine unnöthige und nutzloſe Veränderung entſtanden. Auf Cartier's Scale ſtimmt nämlich der 22. Grad mit dem 22. von Beaumé's Aräometer für leichte Flüſſigkeiten überein; von dieſem Punkte aus ſowohl auf- als abwärts iſt der Raum, welchen 16 Beauméſche Grade einnehmen, in 15 Theile getheilt: 15 Grade nach Cartier ſind alſo 16 Graden von Beaumé gleich, und der Waſſerpunkt fällt auf $10\frac{3}{4}$ Gr. Cartier. Auf den Cartierſchen Aräometern ſind in der Regel die Grade nur von 14 an aufwärts aufgetragen, weil die tiefer liegenden nie gebraucht werden und nur zwecklos das Inſtrument verlängern würden. — Zwei Fehler der Beauméſchen Aräometer, nämlich die Beſtimmung der Fundamental-Punkte durch die unſichere Anwendung einer Flüſſigkeit, deren ſpecif. Gewicht nicht feſtgeſetzt iſt, und die ungleiche Bezeichnung des Waſſerpunktes, einmal mit 0, ein anderes Mal mit 10, ſind bei den von Beck (in Bern) nach Bentely's Vorſchlag verfertigten Aräometern beſeitigt. Der Einſenkungspunkt in deſtillirtem Waſſer heißt hier unveränderlich 0; ein zweiter Punkt, bis zu welchem das Inſtrument in eine Flüſſigkeit eintaucht, deren ſpecif. Gewicht = 0,850 iſt, wird mit 30 bezeichnet. Dieſe beiden Punkte können zu jeder Zeit mit größter Schärfe beſtimmt werden, und machen daher die vollkommene Uebereinſtimmung ſelbſt bei ſolchen Aräometern möglich, welche an verſchiedenen Orten zu verſchiedenen Zeiten, und ſogar ohne ein Muſter-Inſtrument verfertigt worden ſind. Man theilt den Raum zwiſchen den erwähnten zwei Punkten in 30 gleiche Theile, trägt oben noch 40 dergleichen, unter 0 aber 80 auf, ſo daß 70 Grade für Flüſſigkeiten welche ſpecifiſch leichter ſind als Waſſer, und 80 Grade für ſchwerere Flüſſigkeiten die ganze Scale bilden. In der Ausübung wird dieſe in zwei Theile getrennt und auf abgeſonderte Aräometer übertragen. Das Aräometer für leichte Flüſſigkeiten hat den Nullpunkt gleich über der Kugel, und die 70 Grade werden nach aufwärts gezählt; bei jenem für ſchwere Flüſſigkeiten ſteht 0 oben am Halſe, und 80 zunächſt der Kugel. — In den nachfolgenden Tafeln findet man die drei erwähnten Aräometer-Scalen

mit einander nach den ihren Graden entſprechenden ſpecif. Gewichten verglichen; es iſt über dieſelben nur Folgendes zu bemerken. Die erſte Spalte in beiden Tafeln enthält die fortlaufenden Zahlen der Grade, die zweite das entſprechende ſpecif. Gewicht für alle Grade, wenn dieſe auf die Beauméſchen Aräometer bezogen werden, die letzte das ſpecif. Gewicht für die Grade von Becks Aräometern. Hierzu kommt in der erſten Tafel noch das ſpecif. Gewicht für die Cartierſchen Grade. Die Zahlen der zweiten Columne ſind das Mittel aus den von Gilpin, der holländiſchen Pharmakopöe, Huß und Francoeur bekannt gemachten Angaben, welche am wenigſten von einander abweichen; ſie nähern ſich alſo vermuthlich der Wahrheit am meiſten. Die ſpecifiſchen Gewichte für die Cartierſchen Grade ſind, nach der oben angegebenen Conſtruction dieſer Scale, aus den Zahlen der zweiten Spalte abgeleitet. Die Zahlen der letzten Columne ſind von Bentely berechnet, und zugleich mit ſeinem Aräometer bekannt gemacht worden.

I. Tafel, für Flüſſigkeiten leichter als Waſſer.

Gr.	Beaumé.	Cartier.	Beck.	Gr.	Beaumé.	Cartier.	Beck.
70	——	——	0.7083	39	0.829	0.824	0.8133
69	——	——	0.7112	38	0.834	0.829	0.8173
68	——	——	0.7142	37	0.839	0.834	0.8212
67	——	——	0.7173	36	0.844	0.839	0.8252
66	——	——	0.7203	35	0.849	0.845	0.8292
65	——	——	0.7234	34	0.854	0.850	0.8333
64	——	——	0.7265	33	0.859	0.855	0.8374
63	——	——	0.7296	32	0.864	0.861	0.8415
62	——	——	0.7328	31	0.869	0.866	0.8457
61	——	——	0.7359	30	0.875	0.872	0.8500
60	0.744	——	0.7391	29	0.881	0.878	0.8542
59	——	——	0.7423	28	0.886	0.883	0.8585
58	——	——	0.7456	27	0.892	0.889	0.8629
57	——	——	0.7489	26	0.897	0.895	0.8673
56	——	——	0.7522	25	0.903	0.901	0.8717
55	0.763	——	0.7556	24	0.909	0.907	0.8762
54	——	——	0.7589	23	0.915	0.914	0.8808
53	——	——	0.7623	22	0.921	0.921	0.8854
52	——	——	0.7658	21	0.927	0.927	0.8900
51	——	——	0.7692	20	0.933	0.934	0.8947
50	0.784	——	0.7727	19	0.939	0.941	0.8994
49	0.788	——	0.7763	18	0.946	0.948	9.9042
48	0.792	——	0.7799	17	0.952	0.955	0.9090
47	0.795	——	0.7834	16	0.959	0.962	0.9139
46	0.799	——	0.7871	15	0.965	0.969	0.9189
45	0.803	——	0.7907	14	0.972	0.976	0.9239
44	0.807	——	0.7944	13	0.979	——	0.9289
43	0.811	——	0.7981	12	0.986	——	0.9340
42	0.816	——	0.8018	11	0.992	——	0.9392
41	0.820	——	0.8061	10	1.000	——	0.9444
40	0.824	——	0.8095	9	——	——	0.9497

Gr.	Beaumé.	Cartier.	Beck.	Gr.	Beaumé.	Cartier.	Beck.
8	— —	— —	0.9550	3	— —	— —	0.9826
7	— —	— —	0.9604	2	— —	— —	0.9883
6	— —	— —	0.9659	1	— —	— —	0.9941
5	— —	— —	0.9714	0	— —	— —	1.0000
4	— —	— —	0.9770				

II. Tafel, für Flüſſigkeiten ſchwerer als Waſſer.

Gr.	Beaumé.	Beck.	Gr.	Beaumé.	Beck.
0	1.000	1.0000	37	1.337	1.2782
1	1.007	1.0059	38	1.349	1.2879
2	1.014	1.0119	39	1.362	1.2977
3	1.020	1.0180	40	1.375	1.3077
4	1.028	1.0241	41	1.388	1.3178
5	1.034	1.0303	42	1.401	1.3281
6	1.041	1 0366	43	1.414	1.3386
7	1.049	1.0429	44	1.428	1.3492
8	1.057	1.0494	45	1.442	1.3600
9	1.064	1.0559	46	1.456	1.3710
10	1.072	1.0625	47	1.470	1.3821
11	1.080	1.0692	48	1.485	1.3934
12	1.088	1.0759	49	1.500	1.4050
13	1.096	1.0828	50	1.515	1.4167
14	1.104	1.0897	51	1.531	1.4286
15	1.113	1.0968	52	1.546	1 4407
16	1.121	1.1039	53	1.562	1.4530
17	1.130	1.1111	54	1.578	1.4655
18	1.138	1.1184	55	1.596	1.4783
19	1.147	1.1258	56	1.615	1.4912
20	1.157	1.1333	57	1.634	1.5044
21	1.166	1.1409	58	1.653	1.5179
22	1.176	1.1486	59	1.671	1.5315
23	1.185	1.1565	60	1.690	1.5454
24	1.195	1.1644	61	1.709	1.5596
25	1.205	1.1724	62	1.729	1.5741
26	1.215	1.1806	63	1.750	1.5888
27	1.225	1.1888	64	1.771	1.6038
28	1.235	1.1972	65	1.793	1.6190
29	1.245	1.2057	66	1.815	1.6346
30	1.256	1.2143	67	1.839	1.6505
31	1.267	1.2230	68	1.864	1.6667
32	1.278	1.2319	69	1.885	1.6832
33	1.289	1.2409	70	1.909	1.7000
34	1.300	1.2500	71	1.935	— —
35	1.312	1.2593	72	1.960	— —
36	1.324	1.2687			

Aräometer mit Gewichten, von ihrem Erfinder Fahrenheit auch Fahrenheitſche genannt, unterſcheidet ſich von den Scalenaräome-

tern dadurch, daß ſie am oberen Ende eine Schale zur Auflegung der Gewichte und an ihrem ſehr dünnen Halſe einen feinen Strich haben, bis zu welchem ſie ſich in jede zu unterſuchende Flüſſigkeit einſenken müſſen. Beim Gebrauche muß man ein für allemal wiſſen, wie viel das Inſtrument ſelbſt wiegt, und wie viel Gewicht man noch zulegen muß, damit es ſich in reines Waſſer bis zum Zeichen am Halſe eintaucht. Es ſei jenes P, dieſes p. Will man die Dichte d einer Flüſſigkeit finden, ſo ſenkt man es darein und legt ſo lange Gewichte zu, bis die Einſenkung gehörig weit geſchieht. Heißt dieſes Gewicht p^{I}, ſo iſt $d = \frac{P + p^{I}}{P + p}$, weil $P + p : P + p^{I} = 1 : d$ iſt. Nicholſon erweiterte den Gebrauch dieſes Inſtruments dadurch, daß er es unten mit einer Schale verſah. Ein ſo eingerichtetes Aräometer (Fig. 275.) kann man auch zur Beſtimmung der Dichte feſter Körper brauchen, deren Gewicht das Auflegegewicht p nicht übertrifft. Senkt man nämlich das Inſtrument in reines Waſſer, legt anfangs den zu unterſuchenden Körper A ſammt ſo viel Gewichten, als zur gehörigen Einſenkung nöthig ſind, auf die obere Schale, nimmt dann A weg und ſetzt dafür Gewichte zu, ſo weiß man das abſolute Gewicht von A. Nimmt man nun die zuletzt aufgelegten Gewichte wieder weg, legt A in die untere im Waſſer befindliche Schaale, ſo werden die Gewichte, die zur gehörigen Einſenkung des Inſtruments nöthig ſind, den Gewichtsverluſt von A im Waſſer anzeigen. Aus dem abſoluten Gewichte und dem Gewichtsverluſte im Waſſer findet man das ſpecifiſche Gewicht.*)

Die hydroſtatiſchen Geſetze, auf welchen ſowohl die Scalen- als die Gewichtaräometer beruhen, ſind oben angegeben worden. Aus dieſen Geſetzen läßt ſich die Theorie dieſer Inſtrumente ableiten. — Auf folgende Weiſe ergibt ſich die Theorie der Scalenaräometer: — Es

*) Beſonders erwähnt werden muß noch der Gewichtsaräometer von Tralles, welches derſelbe hydroſtatiſche Wage genannt hat. Es beſteht aus einem länglichten Sphäroid von dünnem Glaſe a, (Fig. 276.) mit einem maſſiven feinen Stiele von Glas c, an deſſen Spitze ein horizontales Stäbchen defg von Meſſing gekittet, in einer Länge von etwa zwei Zoll lothrecht herab, und dann nach etwa vier Zoll Länge mit der erſten Richtung parallel rechtwinklich gebogen wird. Senkt man den Glaskörper in ein Glas mit Waſſer, hängt an das untere freie Ende des Meſſingſtabes eine kleine Wagſchaale m und beſchwert dieſe mit den erforderlichen Gewichten, ſo ſinkt der Glaskörper frei ſchwebend bis an ein Knöpfchen an ſeinem Stiele ein, und wird dann das Totalgewicht des ganzen Apperats = 1000 angenommen, und werden hiernach die erforderlichen Gewichtstheilchen verfertigt, ſo findet man aus der Menge ſolcher in die Wagſchaale gelegten Gewichtstheilchen, durch welche das Einſinken in eine zu unterſuchende Flüſſigkeit bis an das Knöpfchen bewirkt wird, das ſpecif. Gewicht der letzteren unmittelbar. Wöge z. B. der Apparat 600 Gewichttheilchen, wonach im Waſſer 400 derſelben in die Wagſchaale gelegt werden müßten, und Weingeiſt er-

ſenke ſich ein ſolches Aräometer, deſſen abſolutes Gewicht $= p$ iſt, in eine Flüſſigkeit, deren Dichte s iſt, um das körperliche Stück ν ein; ſoll ſich dieſes Inſtrument in Waſſer, deſſen Dichte σ heißt, eben ſo weit einſenken, ſo muß man ſein Gewicht dahin abändern, daß es in p_1 übergeht und man die Proportion hat $p : p_1 = s : \sigma$ mithin $p_1 = p \cdot \frac{\sigma}{s}$. Die Gewichtänderung beträgt daher $p_1 - p = p \frac{(\sigma - s)}{s}$. Bedeuten für eine zweite Flüſſigkeit die Buchſtaben p_2 s_1 daſſelbe, was bei der erſten p_1 und s vorſtellen, ſo iſt $p_2 - p = p \frac{(\sigma - s_1)}{s_1}$ und aus beiden Gleichungen $p^1 - p_2 = p \frac{(s_1 - s)}{s s_1} \sigma$. Es ſei nun l die Entfernung zweier Theilſtriche der Scale des Aräometers, a der Durchmeſſer des cylindriſchen Halſes, an dem die Scale verzeichnet iſt, und π das bekannte Kreisverhältniß und es hat demnach das Halsſtück zwiſchen den beiden Strichen das Volumen $\frac{l a^2 \pi}{4}$ und ein gleich großer Waſſerkörper hat das Gewicht $\varrho \frac{l a^2 \pi}{4}$, wenn ϱ das ſpecif. Gewicht des Waſſers iſt. — Man hat daher $\varrho \frac{l a^2 \pi}{4} = \frac{p (s_1 - s) \sigma}{s s_1}$ und $l = \frac{4 p (s_1 - s) \sigma}{\varrho a^2 s s_1 \pi}$. Iſt ν das in reines Waſſer getauchte Volumen des Aräometers, ſo hat man $p = \nu \varrho$ und deßhalb $l = \frac{4 \nu (s_1 - s) \sigma}{a^2 s s_1 \pi}$, oder wenn man $\frac{4 \sigma}{\pi} = \mu$ ſetzt, $l = \frac{\mu \nu (s_1 - s)}{a^2 s s_1}$. Hieraus erſieht man, daß der Abſtand zweier Theilſtriche der Scale, welcher demſelben Dichtigkeitsunterſchiede entſpricht, deſto größer, mithin das Inſtrument deſto empfindlicher iſt, je größer das Volumen des in reines Waſſer getauchten Stücks iſt und einen je geringern Durchmeſſer der Hals hat. Selbſt an demſelben Inſtrumente iſt der Abſtand zweier ſolcher Theilſtriche deſto größer, je kleiner die Dichten ſind, denen die Striche entſprechen. Darum iſt ein Aräometer für geringere Dichten empfindlicher

---

forderte nur 200 Theilchen zuzulegen, ſo wäre deſſen ſpecif. Gewicht = 800; erforderte dagegen Schwefelſäure noch 1200 zuzulegen, ſo wäre ihr ſpec. Gew. = 1800. Da nach der Conſtruction der Schwerpunkt des Apparats ſtets unter den Schwerpunkt der verdrängten Flüſſigkeit fällt, ſo kann derſelbe nicht umſchlagen, und dient alſo zum Abwägen der ſchwerſten, wie der leichteſten Flüſſigkeiten, auch geben bei nicht zu kleinem Maßſtabe des Glaskörpers und hinlänglicher Feinheit des Glasſtäbchens Zehntauſendſtel des Totalgewichts noch einen meßbaren Ausſchlag, und bis ſo weit kann alſo genau gewogen werden.

als für größere, und die Entfernung der Theilungsſtriche wächſt von unten nach oben, wenn ſie auch gleiche Unterſchiede der Dichten angeben.

Um auf gleiche Weiſe die Theorie der Gewichtaräometer entwickeln zu können, ſei wieder p das Gewicht eines ſolchen Inſtruments, wenn es ſich bis zum Zeichen am Halſe in reines Waſſer einſenkt, v das Volumen desſelben bis zum genannten Zeichen und ϱ das ſpecif. Gewicht des Waſſers, da iſt wieder wie vorher $p = v\varrho$. Iſt p_1 das Gewicht des Inſtruments, das ſich in einer Flüſſigkeit von der Dichte s auf die rechte Tiefe einſenkt, ſo iſt $p_1 = v\varrho s$ und $s = \frac{p_1}{p}$. Setzt man dem Inſtrumente das Gewichtchen q zu, ſo wird es für eine andere Flüſſigkeit von der Dichte s_1 gehörig belaſtet ſein, und man hat $s_1 = \frac{p_1 + q}{p} = \frac{p_1}{p} + \frac{q}{p}$ mithin $s_1 - s = \frac{q}{p}$ und $q = p(s_1 - s) = v\varrho(s_1 - s)$. Demnach iſt das Inſtrument deſto empfindlicher, je kleiner p und je kleiner v iſt. — Heißt a der Durchmeſſer des Halſes, l die Länge des Stückes um das der Hals durch Zuſatz von q weiter in das Waſſer getrieben wird, ſo hat man: $\frac{a^2 l \pi \varrho}{4} = q$ und $l = \frac{4q}{a^2 \varrho \pi} = \frac{4v(s_1 - s)}{a^2 \pi}$.

Nach dieſen Formeln kann man leicht die Empfindlichkeit der Aräometer mit Scalen und Gewichten mit einander vergleichen. An beiden Inſtrumenten wird ein gleichlanges Stück des Halſes gleich gut wahrnehmbar ſein, mithin wird l in beiden für die Grenze der Wahrnehmbarkeit einerlei Werth haben. — Setzt man auch v in beiden einander gleich, in welchem Falle aber ein Scalenaräometer eine faſt um das Doppelte weiter greifende Scale haben kann, als ein Gewichtaräometer und bezeichnet die Größe $s_1 - s$ im erſtern mit Δs, im zweiten mit $\Delta_1 s$, die Halsdicke des erſtern mit a, des zweiten mit a_1, ſo hat man nach Hinweglaſſung der gleichen Größen

$$\frac{\Delta s}{a^2 s s_1} = \frac{\Delta_1 s}{a_1^2}.$$

Da s_1 von s für jeden Fall nur wenig verſchieden ſein kann, ſo darf man ſich wohl erlauben $s s_1 = s^2$ zu ſetzen, wodurch dieſe Gleichung in $\frac{\Delta s}{a^2 s^2} = \frac{\Delta_1 s}{a_1^2}$ übergeht. Der Hals des Gewichtaräometers kann füglich $\frac{1}{4}$ L. dick ſein, während der eines Scalenaräometers kaum unter 1 L. ſein darf. Setzt man dieſe Werthe für a und a_1 in obigen Ausdruck, ſo hat man: $\frac{\Delta s}{s^2} = \frac{\Delta_1 s}{\frac{1}{16}}$ oder $\frac{16 \Delta s}{s^2} = \Delta_1 s$, woraus man erſieht, daß das Verhältniß der Empfindlichkeit der beiden Inſtrumente von dem ſpecif. Gewichte abhängt, welches angezeigt werden ſoll. Für $s = 1{,}5$ wird $\Delta_1 s = \frac{16}{2{,}25} \cdot \Delta s = 7 \Delta s$, oder das Gewichtaräometer beinahe ſiebenmal empfindlicher als das Scalenaräometer.

Man verfertigt die Aräometer aus Glas, Meſſing- oder Silberblech. Aräometer von Metall bekommen leicht Eindrücke, taugen nur für wenige Flüſſigkeiten, werden leicht ſchmutzig und verlieren beim Reinigen gar leicht etwas von ihrem Gewichte. Gläſerne Aräometer ſind zwar gebrechlicher, aber ſie nehmen keine Eindrücke an und laſſen ſich ohne Gefahr des Gewichtverluſtes wohl reinigen. Beim öffentlichen Verkehr, wo Aräometer den Rang einer Wage haben, ſollen billig nur gläſerne geſtattet ſein. Unter den Aräometern ſind die Scalenaräometer am ſchwerſten zu verfertigen, während Gewichtaräometer faſt immer richtig ſind, wenn man nur genaue Gewichte braucht. Hier ſoll zuerſt von Skalenaräometern die Rede ſein. — Das Weſentliche in der Geſtalt eines Aräometers iſt, daß es in der Lage, wo die Scalenröhre vertikal ſteht, ſtabil ſchwimmt. Dieſes iſt der Fall, wenn man ihm eine der Formen a, b, c, (Fig. 272.) gibt. Die erſte derſelben empfiehlt ſich vorzüglich durch ihre Einfachheit und iſt in jedem Falle zu wählen, wo die Empfindlichkeit des Inſtruments nicht gar groß zu ſein braucht und man mit einer kleinen Portion der abzuwägenden Flüſſigkeit ausreichen will. Für empfindlichere Inſtrumente wählt man die Formen b, c. Je größer der Körper A und je dünner der Hals B iſt, deſto empfindlicher wird das Inſtrument. Je größer der Umfang der Scale werden ſoll, deſto länger oder deſto dicker muß der Hals ſein. Doch wird deſſen Länge ſtets durch die für das Aräometer nöthige Stabilität beſchränkt. — Die meiſte Aufmerkſamkeit bedarf man bei der Conſtruction der Scale eines Aräometers. Manche Künſtler verrichten ihre Arbeit dadurch, daß ſie den Körper des zu verfertigenden Aräometers in mehre Flüſſigkeiten von bekannter Dichte ſenken und die Einſenkungspunkte als Theilpunkte der neuen Scale betrachten. Allein dieſe Arbeit führt ſelten zu einem richtigen Reſultate, weil bei der Beſtimmung der Dichte der Flüſſigkeiten meiſtens Fehler begangen werden, die nicht überſehen werden dürfen, um ſo mehr, als dieſe Beſtimmung ſelbſt, wenn die Arbeit nicht übermäßig langwierig ausfallen ſoll, meiſtens mit einem Scalenaräometer vorgenommen wird und daher ein richtiges Inſtrument dieſer Art vorausſetzt. — Für den rationellen Künſtler gibt es zwei Methoden die Scale zu beſtimmen: bei einer derſelben werden alle Hauptpunkte der Scale unmittelbar durch einen Verſuch beſtimmt, bei der andern braucht man nur die zwei äußerſten Punkte durch einen Verſuch zu beſtimmen, die übrigen findet man durch zweckmäßige Abtheilung ihres Abſtandes, jene iſt anwendbar, der Hals des Aräometers mag was immer für eine Geſtalt haben, dieſe nur für einen cylindriſchen oder prismatiſchen Hals. — Das Weſen der erſteren Methode rührt von Briſſon her, und beſteht darin, daß man, um einen Theilpunkt der Scale zu finden, das Gewicht des Inſtruments ſo abändert, daß es in reinem Waſſer bis zu der Stelle einſinkt, wohin es ſich ohne Aenderung des Gewichtes in jener Flüſſigkeit einſenken würde, welche die dieſem Theilſtriche entſprechende Dichte hat. Um die hierzu nöthige Gewichtsänderung des Inſtruments zu finden, dient die Formel $p_1 - p = p \frac{\sigma - s}{s}$, wo p das bleibende Gewicht

des Inſtruments iſt, welches wir das Normalgewicht nennen wollen, p_1 dasjenige, welches das Inſtrument haben muß, damit es ſich im Waſſer, deſſen Dichte $= \sigma = 1$ iſt, eben ſo weit einſenke, wie unter dem Normalgewichte in die Flüſſigkeit, deren Dichte s heißt. Iſt $\sigma > s$, ſo iſt $p_1 - p$ poſitiv, und man muß um die Scalenpunkte zu finden, das Gewicht des Inſtruments vermehren, iſt aber $\sigma < s$, ſo wird $p_1 - p$ negativ, d. h. das Gewicht des Inſtruments muß vermindert werden. Man kann die Arbeit bedeutend abkürzen, wenn man für die gewöhnlichen Werthe von s vorläufig den Bruch $\frac{\sigma - s}{s}$ berechnet und die gefundenen Zahlen in eine Tabelle bringt, wie dieſes in der Folge geſchehen wird. — Die zweite der oben genannten Methoden rührt von Schmidt her. Um ſie deutlich zu machen, ſei Fig. 277. ein Aräometer, deſſen Hals ab mit einer Scale verſehen werden ſoll, ſo daß z. B. das Inſtrument in reinem Waſſer von beſtimmter Temperatur bis a einſinke. Man ſuche das Gewicht des Inſtruments p und das Zulegegewicht p_1, welches nothwendig iſt, um die Einſenkung bis b zu bewirken. — Man errichte hierauf links u. rechts auf ab die zwei ſenkrechten Linien ad und bc, die ſich zu einander verhalten, wie p zu $p + p_1$ ſo, daß man hat $ad : bc = p : p + p_1$. Nun theile man ſowohl ad als bc in ſo viele gleiche Theile, als Striche der Scale zwiſchen a und b fallen ſollen, und verbinde zwei ſo zuſammengehörige Theilpunkte durch eine gerade Linie mit einander. Da wo dieſe Verbindungslinien ab treffen, bezeichnen ſie die Stellen der Scalentheilung, die den um gleiche Differenzen wachſenden Dichten entſprechen. Daß dieſes Verfahren richtig ſei, zeigt ſich durch folgende Betrachtung. Es ſei o ein Punkt der Scale, welcher der Dichte s_1 entſpricht, während zu den Punkten a und b die Dichten 1 und s gehören. Da hat man nun

$Aa : ab = s : 1 - s$, oder $ab = Aa \cdot \frac{1 - s}{s}$.

$Aa : ao = s_1 : 1 - s_1$, oder $ao = Aa \cdot \frac{1 - s_1}{s_1}$

und deßhalb $ob = ab - ao = Aa \left(\frac{s_1 - s}{s s_1}\right)$. Es findet daher die Proportion Statt: $ao : ob = 1 - s_1 : \frac{s_1 - s}{s_1}$. Sucht man nach der vorhergehenden Conſtruction den Punkt s_1, ſo findet man ihn dadurch, daß man $ad : bc = s : 1$, d. h. $bc = \frac{ad}{s}$ macht, ad ſowohl als bc in $1 - s$ gleiche Theile theilt, und in erſterer e, in letzterer Linie f ſo nimmt, daß $ae = ad \cdot \frac{1 - s_1}{1 - s}$ und $bf = bc \frac{s - s_1}{1 - s} = \frac{ad}{s} \cdot \frac{s - s_1}{1 - s}$ wird. Es iſt alſo auch hier wegen $ae : bf = ao : ob$ das Verhältniß der letzteren Größen wie

oben. — Die Briſſonſche Methode iſt zwar allgemein anwendbar, fordert aber viel Arbeit. Man verringert dieſe bedeutend, ohne der Richtigkeit des Reſultats nahe zu treten, wenn man nur ſo viele Scalenpunkte nach der Briſſonſchen Methode beſtimmt, als nöthig ſind, um die zwiſchen je zweien derſelben liegenden Halsſtücke als cylindriſch anſehen zu können, und die weitere Abtheilung der Scale nach Schmidt ausführt. Wie man ſowohl dieſe als auch die ſonſt noch bei der Einrichtung eines Scalenaräometers nothwendigen Arbeiten zu verrichten hat, wird hier in Kürze angegeben werden. — Wenn man den Aräometerkörper gewählt hat, belaſtet man ihn im untern Theile mit Queckſilber oder Bleiſchrott, bis er ſich ſo weit in Waſſer einſenkt, daß der Einſenkungspunkt der unterſte Punkt der Scale werden kann, und merkt ſein Gewicht an. Hierauf vermehrt man ſein Gewicht, bis er nur etwa $\frac{1}{2}$ Zoll aus dem Waſſer herausragt, und notirt deſſen Gewicht wieder, das Verhältniß dieſer zwei Gewichte gibt bekanntlich das der Dichten, welche den zwei äußerſten Scalenpunkten entſprechen. Hierauf zeichnet man auf feines Papier eine beliebig eingetheilte und bezifferte Scale, rollt ſie zuſammen und ſchiebt ſie in den Hals des Aräometers, damit ſie einſtweilen den Dienſt der eigentlichen Scale leiſte und die Einſenkungspunkte bei der eigentlichen Scalenbeſtimmung leicht erkannt werden können, wenn man das Inſtrument aus dem Waſſer genommen hat, und gibt dem Inſtrumente genau das Normalgewicht. Bevor man weiter geht, iſt es nothwendig, die zur Beſtimmung der Scalenpunkte nach Briſſon nöthigen Gewichte, der Formel $p_1 - p = p\left(\frac{\sigma - s}{s}\right)$ gemäß, vorläufig zu berechnen. Es iſt genug, wenn man s ſtets um 0,1 wachſen läßt, und die Zwiſchenpunkte der Schmidtſchen Methode überläßt. Zur Erleichterung der Rechnung braucht man mit Vortheil folgende Tafel, welche den Bruch $\frac{\sigma - s}{s}$ oder wegen $\sigma = 1$ den Werth $\frac{1 - s}{s}$ ein für allemal angibt.

s	$\frac{1-s}{s}$	s	$\frac{1-s}{s}$
0,700	+ 0,42857	1,400	— 0,28571
0,800	+ 0,25000	1,500	— 0,33333
0,900	+ 0,11111	1,600	— 0,37500
1,000	0,00000	1,700	— 0,41176
1,100	— 0,09091	1,800	— 0,44444
1,200	— 0,16667	1,900	— 0,47368
1,300	— 0,23077	2,000	— 0,50000

Wird nun das Normalgewicht p mit jedem dieſer Brüche multiplicirt, ſo erhält man das Gewicht, welches zugeſetzt oder weggenommen werden muß, um die Scalenpunkte zu finden, welche den obigen Werthen von s entſprechen, ſo weit dieſe in die Scale fallen. — Zur weitern Ausführung wird das Aräometer an eine Wage ſo befeſtigt,

daß deſſen Hals vertikal ſteht, bis zu dem Punkte, der dem ſpecifiſchen Gewichte des reinen Waſſers entſpricht, bei 14° R. in daſſelbe getaucht und an der Wage ins Gleichgewicht geſtellt. Iſt dieſes geſchehen, ſo gibt man das Gewicht, welches nach obiger Formel zur weiteren Beſtimmung der Scale nothwendig iſt, entweder auf die Wagſchale der Seite, wo das Aräometer hängt, oder auf die andere, je nachdem $s < 1$ oder $s > 1$ iſt, ſenkt oder hebt die Wage, bis ihre Zunge gehörig einſpielt und notirt ſich, bis zu welchem Punkte der Hilfsſcale die Einſenkung erfolgt und verfährt ſo für alle zu beſtimmenden Punkte. Iſt dieſe Arbeit vollendet, ſo ſchreitet man zur weiteren Abtheilung der Scale nach Schmidt. Zu dieſem Ende überträgt man die Länge der ganzen Scale auf ein aufgeſpanntes Zeichenpapier und errichtet die den Linien ad und bc (Fig. 277.) entſprechenden Senkrechten, zieht cax, bdx und durch jeden bereits ſchon beſtimmten Punkt e, g der Scale und durch x eine Gerade, ef, gh, theilt hierauf die Linien ag, ge u. ſ. w. und bf, fh u. ſ. w. in ſo viele gleiche Theile, als neue Scalenpunkte zwiſchen zwei ſchon beſtimmte fallen ſollen, verbindet die zuſammengehörigen Punkte der Linien ad und bc durch Gerade und findet ſo die weiteren Punkte der Scale. Nun braucht man daher nur mehr die Scale auszuzeichnen, zu beziffern, abzuſchneiden, der bisher gebrauchten am Gewichte gleich zu machen, zuſammenzurollen, in den Hals des Inſtruments zu ſtecken, ſie ſo zu ſtellen, daß der Einſenkungspunkt in reinem Waſſer mit dem an der Scale bezeichneten zuſammenfalle, die Scale mit einem Siegellackkörnchen an das Glas zu befeſtigen und den Apparat zuzuſchmelzen. — Bei der Verfertigung der Procentenaräometer wird anfangs eine gewöhnliche Scale für die Dichten nach dem vorhergehenden Verfahren mit Bleiſtift verzeichnet und dann ihr zur Seite die wahre Procentenſcale nach dem aus Verſuchen bekannten Zuſammenhange zwiſchen den Dichten und den Gehaltsprocenten entworfen. Dieſen Zuſammenhang kann man aus der im Art. Dichte enthaltenen Tabelle der Dichte der Körper entnehmen. *) — Wenn die Anwendung der Beaumé'ſchen, in Grade von

*) In Fabriken und zu ökonomiſchen Zwecken hat man, um die verſchiedenen Flüſſigkeiten zu prüfen, eigene für ſie beſtimmte und eingerichtete Senkwagen. (Ueber die Alkoholmeter ſ. d. Art. Weingeiſt.) Karmarſch (in Prechtl's Encyklopädie) führt in dieſer Beziehung folgendes an. „So bedient man ſich in den Seifenſiedereien, um die Stärke der aus Aſche u. Kalk bereiteten Aetzlauge zu unterſuchen, einer Laugenwage (Laugenprobe), die öfters gleichfalls als Procentenaräometer eingerichtet iſt. Aehnliche Inſtrumente wendet man an, um die Concentration von Salzauflöſungen zu erforſchen. Die Salzſpindeln (Salzwagen, Sool- oder Gradierwagen), die Salpeterſpindeln und Pottaſchewagen, auf deren Scale jeder Grad einen Gewichttheil Kochſalz, Salpeter oder Pottaſche in 100 G. der Auflöſung anzeigt, gehören hierher. Zuweilen haben dieſe Scalen eine etwas abgeänderte Einrichtung, folglich die Grade derſelben eine andere, obwohl eben ſo beſtimmte, Bedeutung. So gibt es Salzſpindeln, deren Grade den

gleicher Größe getheilten, Aräometer zu einem verſtändlichen Reſultate führen ſoll, muß man das ſpecif. Gewicht kennen, welches jedem einzelnen Grade dieſes Inſtruments entſpricht (S. oben S. 541.). — Dieſe Bedeutung beſtimmter Aräometergrade findet man am leichteſten dadurch, wenn man das Aräometer in verticaler Stellung wie oben an eine Wage befeſtigt, es in reines Waſſer taucht und an einer oder der anderen Seite der Wage, je nachdem die Aräometergrade ſich auf Dichten unter oder über der des reinen Waſſers beziehen, ſo lange Gewichte

---

Kochſalzgehalt nicht in Hunderttheilen, ſondern in 128ſteln (nach Quentchen in einem Pfunde der Soole) ausdrücken; und für die Pottaſcheſiedereien werden Aräometer verfertigt, welche angeben, wie viele Pfunde Pottaſche in einem Eimer Lauge enthalten ſind. Es iſt leicht einzuſehen, daß man auf ähnliche Weiſe die Bedeutung der Grade mannichfaltig abändern, ſo wie die Conſtruction ſolcher Aräometer auf alle beliebigen Salze ausdehnen kann. Dieſe Einrichtungen hängen von dem ſpeciellen, oft ſelbſt von dem Localbedürfniſſe des Fabricanten ab. Zu manchem Zwecke kann dieſer ſogar die ganze Aräometerſcale, bis auf einen einzigen in der Erfahrung beſtimmten Punkt, entbehren; wenn es ſich nämlich nicht darum handelt, die Grade der Concentration einer Salzlauge, oder einer Flüſſigkeit überhaupt, zu vergleichen, ſondern nur auszumitteln, wann dieſelbe einen gewiſſen Punkt erreicht habe. In dieſem Falle (der z. B. eintritt, wenn beim Abdampfen gewiſſer Salzauflöſungen der zur Kryſtalliſation günſtige Zeitpunkt, als das nicht zu überſchreitende Ziel des Kochens, beobachtet werden ſoll) iſt es am zweckmäßigſten, ſich eines ſehr vereinfachten Aräometers zu bedienen, nämlich einer mit Schrot beſchwerten Glaskugel mit kurzem Halſe, an welchem blos die Stelle bemerkt iſt, bis wohin er über die Oberfläche der Flüſſigkeit, bei gehöriger Concentration der letztern hervorragt. — In einigen Zuckerſiedereien bedient man ſich eigener Aräometer (Saccharometer), deren Scale dadurch gebildet iſt, daß man den Einſenkungspunkt in deſtillirtem Waſſer (bei 14° R.) mit 0, die Stelle aber, bis zu welcher der Hals in einer Miſchung aus 1 Theile Zucker und 10 Theilen Waſſer untertaucht, mit 10 bezeichnet, den Zwiſchenraum in 10 gleiche Theile theilt, und noch 30 ſolcher Theile nach abwärts aufträgt, ſo, daß die ganze Scale aus 40 gleich großen Graden beſteht. Daß dieſe indeß nicht gleichen Zuckermengen in der Auflöſung entſprechen, liegt am Tage. Man findet auch Zuckeraräometer, welche mit den Beaumé'ſchen allgemeinen Aräometern übereinſtimmend graduirt ſind, aber nur die Grade 20 bis 36 enthalten, weil niedrigere und höhere bei der Prüfung des Zuckerſyrups nicht gebraucht werden. Alle bisher genannten Flüſſigkeiten ſind zur genauen Prüfung ihrer Miſchung durch Aräometer deßhalb geeignet, weil ſie nur zwei Beſtandtheile (das Waſſer als Auflöſungs- oder Verdünnungsmittel, und den damit verbundenen Stoff, deſſen Menge beſtimmt werden ſoll) enthalten, daher jene Veränderung des ſpecif. Gewichts bei derſelben Temperatur unzweideutig eine Verſchiedenheit des Miſchungsverhältniſſes anzeigt. Es gibt aber andere, zuſammengeſetztere Flüſſigkeiten, bei welchen dieſes weniger der Fall iſt, und die man gleichwohl oft mittels

zulegt, bis ſich das Inſtrument, während die Zunge der Wage gehörig einſpielt, zu dem fraglichen Grade eintaucht. Heißt p das Normalgewicht, p_1 das neue Gewicht des Aräometers und s das dem betreffenden Grade entſprechende ſpecifiſche Gewicht, ſo iſt $p_1 - p = p \left(\frac{1 - s}{s}\right)$ und hieraus $s = \frac{p}{p_1}$. — Aräometer mit Gewichten ſind in ihrem Baue ſo einfach, daß nicht viel darüber zu ſagen iſt und jeder dieſes Inſtrument hinreichend kennt, wenn er mit den verſchiedenen For-

---

des Aräometers beurtheilt, nothwendiger Weiſe mit Entbehrung eines genauen und zuverläſſigen Reſultats. — Zur Unterſuchung der Milch haben Cadet-de-Vaux und E. Davy Aräometer angegeben. Der erſtere nannte das ſeinige Galaktometer (Milchmeſſer). Es iſt nichts als ein nach den Grundſätzen des Beaumé'ſchen Aräometers für ſchwerere Flüſſigkeiten graduirtes gewöhnliches Aräometer, enthält aber nur die Grade von 0 (dem Waſſerpunkte) bis 8 abwärts. Dieſe Grade ſind hier ſo groß, daß ſie bequem in Viertel getheilt werden können, was durch gehörige Vergrößerung der Kugel des Aräometers erreicht wird. In guter, nicht abgerahmter Milch ſinkt dieſes Inſtrument auf $4\frac{1}{2}$, $4\frac{3}{4}$ oder 5 Grad ein. Abgerahmte Milch zeigt, da der leichteſte Theil, nämlich das Fett, von ihr genommen iſt, bis $5\frac{1}{4}$ Grad. Durch Verdünnung mit Waſſer wird die Milch ſpecif. leichter und zeigt daher, je nach der zugeſetzten Waſſermenge, nur $3\frac{3}{4}$ bis 4 Grad. Die Verfälſchung der Milch läßt ſich hieraus beiläufig beurtheilen, obſchon bei den oft bedeutenden natürlichen Verſchiedenheiten derſelben das ſpecif. Gewicht allein nicht immer hinreichenden Grund gibt, auf Betrug zu ſchließen. Unleugbar liegt ein weſentlicher Fehler ſchon darin, daß es möglich iſt, eine Milch, welche abgerahmt und dadurch ſchwerer gemacht wurde, durch Zuſatz von Waſſer wieder auf ihr anfängliches ſpecif. Gew. zurückzuführen, dieſe doppelte Verſchlechterung alſo der Anzeige des Galaktometers zu entziehen. Nicht zu gedenken der mannigfaltigen Zuſätze von Mehl u. dergl., welche die Beurtheilung nach dem ſpeciſiſchen Gewichte höchſt unſicher machen. Davy's Milchmeſſer (Laktometer) iſt auf etwas feſtere Grundlagen geſtützt, und insbeſondere nur für abgerahmte Milch beſtimmt. Davy überzeugte ſich durch oft wiederholte Verſuche mit Milch aus verſchiedenen Meiereien, daß das ſpecifiſche Gewicht der unverfälſchten abgerahmten Milch nicht unter 1,036, meiſt 1,037 oder 1,0375, ſelten bis 1,040 beträgt (bei 8° R.). Käufliche Milch fand er öfters mit $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{5}$ Waſſer verdünnt, übrigens aber durch keinen Zuſatz verfälſcht; die ſchlechteſte darunter hatte ein ſpecif. Gewicht von 1,026. Auf dieſe Erfahrungen iſt die Scale des Milchmeſſers gegründet, bei der jener Punkt, bis an welchen das Inſtrument in der leichteſten unverfälſchten Milch vom ſpecifiſchen Gewichte 1,035 bei 60° F. einſinkt, mit 0 bezeichnet iſt, und jeder der 35 von hier nach oben aufgetragenen Grade ein Procent Waſſer mehr anzeigt; ſo daß z. B. Milch am Laktometer 20° zeigt, wenn ihr auf 100 Th. 20 Th. Waſſer zugeſetzt ſind, ſie alſo im Ganzen $\frac{1}{6}$ Waſſer enthält. Dieſe Scale iſt für die Temperatur von 60° F. (12°,44 R.) gültig; für jede 3° F. ($1\frac{1}{3}$° R.) darüber oder darunter muß von der beim Einſenkungspunkte ſte-

men, unter denen es vorkommt, vertraut iſt. Dieſe Inſtrumente werden faſt ausſchließlich aus Metall verfertigt. Gläſerne Inſtrumente dieſer Art haben meiſtens einen zu dicken Hals und ſind darum minder empfindlich, als es das Weſen dieſer Inſtrumente fordert und geſtattet. Faſt immer haben ſie die Nicholſon'ſche, zur Abwägung feſter Körper geeignete Geſtalt und ſind daher mit zwei Schalen verſehen. Die obere iſt faſt immer auf gleiche Weiſe eingerichtet, die untere hingegen iſt bald am unterſten Ende an einem maſſiven Kegel angebracht, bald

---

henden Zahl 1 abgezogen oder zu derſelben 1 hinzugefügt werden, um die von dem Temperaturunterſchiede herrührende Veränderung des ſpecifiſchen Gewichtes zu corrigiren. Andere Zuſätze als Waſſer machen natürlich auch hier das Reſultat trüglich. — Wein und Bier werden ſeit langer Zeit mittels des Aräometers geprüft, ſo unzuverläſſig auch eine Probe dieſer Art iſt. Der Wein hat im Allgemeinen ein geringeres ſpecifiſches Gewicht als Waſſer und dieſes nimmt, unter übrigens gleichen Umſtänden, deſto mehr ab, je geiſtiger der Wein iſt. Der Zucker aber, wovon derſelbe häufig eine gewiſſe Menge enthält, vergrößert das ſpecif. Gewicht; daher manche ſüße Weine in der That ſogar ſpecifiſch ſchwerer ſind als Waſſer. Von zwei Weinen kann alſo öfters derjenige, welcher mehr Geiſt enthält, ſpecif. ſchwerer ſein, wenn er zugleich reicher an Zucker, mithin in jeder Hinſicht beſſer iſt; und junger Wein wird gewöhnlich beim Liegen, indem der darin enthaltene Zucker allmälig gährt und in Weingeiſt verwandelt wird, weit beſſer, als ſein ſpecifiſches Gewicht ihn ſchätzen läßt. Hieraus geht unleugbar hervor, daß es unmöglich iſt, mittels des Aräometers die Güte des Weines mit Sicherheit zu erkennen. Die gewöhnliche Conſtructionsart der Scalen für die ſogenannten Weinwagen iſt noch überdieß ſo beſchaffen, daß dieſen Inſtrumenten die Uebereinſtimmung unter ſich ganz und gar abgeht. Man bezeichnet den Punkt, bis an welchen ein ſolches Inſtrument in Waſſer einſinkt, mit 0, den Eintauchungspunkt in irgend eine gute Weinſorte mit 10, theilt den Zwiſchenraum in 10 gleiche Theile, und trägt dergleichen Theile noch mehre auf die übrige Länge des Halſes auf. Die Eintheilung der Bierproben oder Bierwagen iſt eben ſo willkührlich und ſchwankend; ſie unterſcheidet ſich von jener der Weinwagen dadurch, daß der Nullpunkt für das Bier, als eine das Waſſer an ſpecifiſchem Gewichte übertreffende Flüſſigkeit, ſich am oberen Ende der Scale befindet. Cadet-de-Vaux hat das Beaumé'ſche Aräometer zur Prüfung des Weines und des Moſtes vorgeſchlagen, und Chevallier hat hiernach zwei Inſtrumente ausgeführt, welche er Gleukometer (Moſtmeſſer) u. Oenometer (Weinmeſſer) nannte. Erſteres enthält von der Beaumé'ſchen Scale für ſchwere Flüſſigkeiten nur die erſten Grade von 0 bis 16 abwärts, aber dieſe Grade ſind groß, damit das Inſtrument empfindlicher wird. Je weniger daſſelbe im Moſte einſinkt (d. h. je mehr Grade es angibt), deſto mehr Zucker kann man in letzterm vorausſetzen und deſto beſſerer Wein iſt daher zu erwarten. Achtgradiger Moſt gibt nur mittelmäßigen, zwölfgradiger ſchon guten Wein. An dem Oenometer, deſſen Scala unten mit 0 anfängt, zeigen ſchwache Weine 1 oder 2, beſſere 4 bis 5, ſehr gute 7 auch 8 Grad. Man kann

wird ſie durch einen Korb gebildet (Fig. 278.), den man umwenden und mit der Wölbung aufwärts drehen kann, damit er zugleich zur Feſthaltung von Stoffen diene, die leichter ſind als Waſſer und daher in demſelben aufſteigen. Sehr zweckmäßig iſt die von Mohs zuerſt gebrauchte Einrichtung (Fig. 279.), wo dieſe Schale gleich unmittelbar unter dem Halſe ſich befindet und wo man den abzuwägenden Körper in dieſe Schale bringen und wieder wegnehmen kann, ohne das ganze Inſtrument aus dem Waſſer zu heben und daher der Sorge enthoben iſt, das Adhäriren der Luft an dem Körper des Inſtruments, welches beim Gebrauche ſo nachtheilig iſt und bei jedem neuen Einſenken eintritt, wegzuſchaffen. Jedoch muß der Körper des Inſtruments ziemlich groß ſein und ein bedeutendes Gewicht haben, um der nöthigen Stabilität theilhaftig werden zu können. — Der Hals ſoll dünn ſein und einen gut erkennbaren Strich haben, bis zu welchem die Einſenkung erfolgen muß. Ein zu dicker Hals macht das Inſtrument aus früher angegebenen Gründen unempfindlich, aber auch ein zu dünner thut daſſelbe, weil er die Adhäſion des Waſſers zu ſehr begünſtigt und macht, daß das Inſtrument, an welchem er angebracht iſt, bei derſelben Belaſtung zu tief oder minder tief eingetaucht bleibt. Häufig wird dieſer Strich in das Metall des Halſes eingravirt, aber am beſten iſt es, wenn man die Marke ohne Vertiefung anbringen kann, um nicht durch die Vertiefung der Adhäſion einen Vortheil einzuräumen. Dieſes geht bei einem ſtählernen Halſe ſehr leicht an, man braucht ihn nur blau anlaufen zu laſſen und dann den oberen Theil bis zur Einſenkungsgrenze wieder zu poliren. — Die obere Schaale des Inſtruments iſt in der Regel zum Wegnehmen eingerichtet, oft auch mit Armen verſehen, mit denen ſie ſich an das Waſſergefäß hängt, wenn man die Belaſtung über Gebühr vermehrt hat. Alle ſolche Künſteleien ſind überflüſſig und man kann die obere Schaale an den Hals vollkommen feſt machen, wenn man bei den Verſuchen ein Waſſergefäß wählt, deſſen Tiefe nicht zuläßt, daß ſich das Inſtrument bis zur oberen Schaale einſenke.

Was man beim Gebrauche der Aräometer zu beobachten hat, läßt ſich leicht auf wenige Punkte reduciren, die überdieß für ſich Jeder-

---

beide Scalen mit einander verbinden, wo dann der Nullpunkt in die Mitte fällt, die Grade über demſelben für den Wein, jene darunter für den Moſt gebraucht werden. — Schließlich iſt noch zu erwähnen, daß für den Gebrauch der Schnellgerberei ein Aräometer von Hermbſtädt vorgeſchlagen worden iſt, um die Concentration der Lohbrühe zu erforſchen. Dieſes Loh-Aräometer ſinkt in deſtillirtem Waſſer bis zum Nullpunkt ein, der ſich am oberen Ende ſeiner Scale befindet; von da nach abwärts ſind 20 Grade aufgetragen, welche nach Procenten des Gewichts die in der Brühe enthaltene Menge von Gerbeſtoff und anderer aus der Lohe aufgelöſten Subſtanzen anzeigen ſollen. Eine Procenten-Scale iſt hier, wenn ſie auch mit Genauigkeit ausführbar wäre, ohne Werth, da das Aräometer auch ſolche Stoffe mit in ſeine Anzeige begreift, welche die Brauchbarkeit der Lohbrühe nicht erhöhen.

mann einleuchten, der das Weſen eines Aräometers kennt. — Bevor man den Verſuch mit einem Aräometer macht, muß man die Temperatur der Flüſſigkeit, worein er getaucht werden ſoll, ausmitteln und ſo lange ändern, bis ſie jener gleich geworden iſt, für welche das Inſtrument verfertigt iſt. Dieſe Temperatur iſt in der Regel an der Scale der Aräometer angemerkt. Wollte man bei einer anderen Temperatur Beobachtungen machen, ſo müßte man ſie durch eine oft ziemlich mühſame Rechnung auf die dem Aräometer entſprechende reduciren. Bei der Beſtimmung der Temperatur der Flüſſigkeit hat man den Umſtand wohl zu berückſichtigen, daß ſie nicht in allen Horizontalſchichten dieſelbe iſt und darum die flüſſige Maſſe vor dem Einſenken des Thermometers mit einem Glasſtabe wohl umzurühren. — Iſt die Temperatur der Flüſſigkeit auf die rechte Größe gebracht, ſo wird das Inſtrument eingeſenkt, nachdem es wohl gereinigt worden iſt. Dabei ſoll es vertical in der Flüſſigkeit ſchweben, frei von allen Luftblaſen ſein und ſich nicht an die Seitenwände des Gefäßes anlehnen. Bei Spindelaräometern beſteht oft das Glasgefäß nur aus einer engen Glashülſe, bei deren Gebrauch es faſt unmöglich iſt, das Inſtrument ganz vollkommen frei zu erhalten. Ein ſolches Inſtrument ſoll auch immer nur in jener Hülſe gebraucht werden, in welcher es ſich bei der Beſtimmung der Scale befand und wenn man genöthigt iſt, eine andere anzuwenden, ſo ſoll man eine dieſer möglichſt gleiche wählen. Beim Einſenken ſollen ſtarke Stöße, jedes etwaige Nachdrücken mit der Hand und alles vermieden werden, wodurch das Inſtrument in ſtarke Schwankungen verſetzt wird. Dadurch wird es zu weit hinauf benetzt und darum zu ſchwer und unrichtig. Beim Ableſen hat man die höchſte von der Flüſſigkeit bezeichnete Stelle, nicht etwa die allgemeine Oberfläche derſelben zu nehmen und dabei dem Auge die Stellung zu geben, wodurch jede Parallaxe vermieden wird. — Nicholſon'ſche Aräometer, die zur Beſtimmung der Dichte feſter Körper gebraucht werden und auf deren Angabe man oft ein großes Gewicht legt, ſollen mit beſonderer Vorſicht behandelt werden. Da ſie meiſtens aus Metall beſtehen und in Waſſer geſenkt werden, hat man ſtete Sorge zu tragen, daß ſie keine mit Fett überzogenen Stellen haben und überall leicht vom Waſſer benetzt werden; darum ſoll man ſie nicht in die bloße Hand nehmen und vor jedem Gebrauche mit einem trockenen Tuche leicht abwiſchen. Sie mit Weingeiſt zu waſchen, iſt nicht rathſam. Sehr weſentlich iſt endlich noch eine Rückſicht, die bei metallenen Aräometern, ſie mögen mit einer Scale oder mit Gewichten verſehen ſein, eintreten muß. Bei dieſen Inſtrumenten geſchieht es nämlich oft, daß ſie an den Löthſtellen kleine Oeffnungen bekommen, durch welche die Luft entweicht und dafür das Waſſer eindringt. Das Daſein ſolcher Stellen, die natürlich zu großen Unrichtigkeiten führen, erforſcht man am beſten dadurch, daß man das Inſtrument im belaſteten Zuſtande, wenn es ein Gewichtaräometer iſt, einige Zeit im Waſſer ſchweben läßt und nachſieht, ob es nicht immer tiefer einſinkt. Findet dieſes Statt, ſo iſt am Vorhandenſein einer ſolchen Stelle nicht zu zweifeln und das Inſtrument einer Reparatur zu unterwerfen.

Spiegel nennt man jede glatte Fläche, welche die auf ſie von einem Gegenſtande fallenden Lichtſtrahlen ſo zurückwirft, daß durch dieſelben ein Bild des Gegenſtandes hergeſtellt wird. Nur undurchſichtige und glatte Körper können ſpiegelnde Oberflächen haben, weil durchſichtige Körper das auf ſie fallende Licht durch ſich hindurch laſſen, rauhe Körper daſſelbe zerſtreuen. (Vergl. d. Art. Licht.) Doch kann die Bedingung der Undurchſichtigkeit eines Körpers dadurch erfüllt werden, daß man ihm eine dunkle, undurchſichtige Unterlage gibt. Unter allen Körpern eignen ſich zur Herſtellung von Spiegeln am beſten die Metalle, weil ſie undurchſichtig und hart ſind (die härteſten Metalle geben auch die beſten Spiegel), und weil ſie einen hohen Grad von Politur anzunehmen vermögen, und je vollkommener dieſe iſt, deſto heller ſind die Spiegelbilder. Man wendet dieſe Art von Spiegeln in der Regel nur bei Inſtrumenten, ſelten im gemeinen Leben an, weil ſie koſtbar ſind und leicht durch Oxydation des Metalles verderben, ſo daß ſie wenigſtens nach kurzer Zeit ſchon blind zu werden pflegen. Die beſten Spiegel gibt angelaſſener Stahl, derſelbe roſtet aber auch ſo leicht, daß man ihn nur ſelten anwendet. Man macht die Metallſpiegel aus verſchiedenen harten und ſpröden Metallcompoſitionen, wie eine Miſchung von 64 Th. Kupfer und 29 Th. Zinn, oder 32 Th. Kupfer, 15 Th. Zinn, 1 Th. Meſſing u. 1 Th. Arſenik. Edwards ſchreibt vor, man ſolle 32 Unzen Kupfer und 15 Unzen Zinn, beide Metalle von vorzüglicher Reinheit zuſammenſchmelzen, dann von dieſer Compoſition einen Theil mit noch etwas Zinn in verſchiedenen Quantitäten verſetzen, um die beſte Miſchung aufzufinden, die man hernach für den eigentlichen Guß wählt, indem man der bereits geſchmolzenen u. erkalteten Maſſe bei einer zweiten Schmelzung den noch erforderlichen Antheil Zinn und zuletzt erſt den Arſenik zuſetzt, von welchem man etwas mehr nehmen kann, weil ſich ein großer Theil davon verflüchtigt. Auch ſoll ein Zuſatz von Silber vortheilhaft ſein. Aus den edlen Metallen macht man keine Spiegel, weil dieſelben zu weich ſind. Nach Simons ſollen 2 Th. Kupfer mit 1 Th. Zinn das beſte Spiegelmetall geben. Die Metallſpiegel ſelbſt werden erſt gegoſſen, dann geſchliffen und zuletzt ſorgfältig polirt. Im gemeinen Leben bedient man ſich gewöhnlich der Glasſpiegel. Gute Glasſpiegel geben die harten ſchwarzen Glasmiſchungen, und im Allgemeinen werden die Bilder deſto ſchwächer, je heller die Farbe des Glaſes iſt. Alle durchſichtigen Körper mit einer glatten Vorderfläche und einer ebenfalls glatten Hinterfläche geben zwei ſchwache Bilder, indem eines die von der Vorderfläche, das andere die von der Hinterfläche reflectirten Strahlen bilden. Weißes Glas würde zu Spiegeln völlig unbrauchbar ſein, wenn man nicht die Hinterfläche undurchſichtig machte, indem man ſie entweder mattſchleift (dann gibt nur die Vorderfläche ein deutliches Bild), oder dieſelbe mit einem ſchwarzen Körper oder mit ſchwarzer Farbe bedeckt (dann wird das Bild von der Hinterfläche ſchwach gegen das von der Vorderfläche), oder endlich, indem man Metallfolie auf die Hinterfläche legt (dann wird das Bild der Hinterfläche, welches eigentlich das Metall zurückwirft, viel heller als das von der Vorderfläche). Man kann den erläuternden Verſuch

anſtellen, daß man an einem Spiegelglasſtreifen von etwa 2 Z. Breite, 6 bis 9 Zoll Länge und 1 Lin. Dicke, den dritten Theil mit feinem Schmirgel auf der Rückſeite mattſchleift, während man das zweite Drittel auf der Rückſeite mit ſchwarzem Tuch oder ſchwarzem Lack überzieht, und das dritte Drittel unverändert läßt. Hält man dann eine Kerze nach einander an die verſchiedenen Drittel des Glasſtreifens, ſo bemerkt man, daß das mattgeſchliffene Drittel nur ein Bild, das von der Vorderfläche, zeigt, das geſchwärzte zwei Bilder erſcheinen läßt, ein helles von der Vorderfläche und ein matteres von der Hinterfläche, und endlich bei dem freien Drittel zwei Bilder auftreten. Am gebräuchlichſten ſind die Glasſpiegel, deren Rückſeite mit Folie belegt iſt. Man bedient ſich hierbei der Zinnfolie. Dieſelbe hängt für ſich an dem Glaſe nicht an; um die Anhängung zu bewirken, benetzt man die Zinnfolie mit Queckſilber, reibt ſie mit einem Haſenlaufe oder bloß mit den Fingern, um Amalgamirung zu bewirken, legt dann Fließpapier darauf, u. über dieſes eine reine und trockene Spiegelplatte. Hierauf entfernt man durch langſames Wegziehen des Papiers den Schmutz vom Queckſilber und drückt die Glasplatte feſt an. Das Amalgam hängt dann am Glaſe feſt und der Spiegel iſt fertig. Bei dieſem Verfahren wird eine äußerſt glatte Metallfläche erzeugt, welche der eigentliche Spiegel iſt, indem das durchſichtige Glas nur zur Befeſtigung dient, und unſere gewöhnlichen Spiegel ſind auf dieſe Weiſe eigentlich Metallſpiegel. Daß in der That das Bild auf der Rückſeite erzeugt wird, davon überzeugt man ſich, wenn man eine Nadel mit der Spitze auf das Glas des Spiegels hält, dann erkennt man bekanntlich aus der Entfernung der wirklichen Nadelſpitze und der Spitze des Bildes die Dicke des Glaſes *); Beweis, daß das Bild an der Rückſeite gebildet wird. Doch macht auch die Vorderſeite des Glaſes ein Bild, welches man nur gewöhnlich überſieht, weil das Bild von der Folie viel heller iſt, aber ſehr wohl wahrnimmt, wenn man z. B. eine Kerzenflamme dem Spiegel nähert. Die beiden Bilder fallen dann dicht neben einander. Ein Beweis, daß die bei den gewöhnlichen Spiegeln auftretenden Bilder ihren Urſprung von der Folie ableiten, liegt auch darin, daß die Färbung des Glaſes (z. B. grünes Glas) auf die Farben des Bildes von Einfluß iſt. Würde nämlich das Bild an der Vorderfläche gebildet, ſo würden genau eben ſo gefärbte Lichtſtrahlen zurückgeworfen werden müſſen, als darauf fallen, aber beim Durchgange durch das Glas geſchieht analog deſſen Färbung eine Veränderung in der Färbung der Lichtſtrahlen, (weil grünliches Glas z. B. ſolches iſt, welches nur grünliches Licht durchläßt, indem es die übrigen Farben mehr oder weniger abſorbirt. Vergl. d. Art. Farbe S. 365.). Die Spiegel würden alles auf ſie fallende Licht zurückwerfen, und daher Bilder geben, welche an Helligkeit den geſpiegelten Gegenſtänden (Objecten) vollkommen gleich wären, wenn

*) Es iſt (nach dem Folgenden) das Bild des Objects, hier der Nadel, ſoweit hinter der ſpiegelnden Ebene, als das Object ſelbſt vor derſelben. Man ſieht alſo eigentlich die doppelte Glasdicke.

ſie mit vollkommener Genauigkeit glatt, ohne irgend welche Erhöhungen und Vertiefungen wären. Dieß iſt jedoch niemals der Fall und man nimmt an, daß bei Glasſpiegeln von mittelmäßiger Güte 0,4816 des auffallenden Lichtes verloren gehen, bei den beſten 0,3494. Daher wird das Bild des Spiegels immer minder hell als das Object und läßt man das Bild nach einander mehrmals durch Spiegel reflectirt werden, ſo verſchwindet das Object mehr und mehr mit dem Hinzukommen jedes neuen Spiegels. *)

Man unterſcheidet die Spiegel nach der Form ihrer Oberfläche in gekrümmte (Cylinderſpiegel, Hohlſpiegel, Kugelſpiegel; ſ. die einz. Art.) und ebene Spiegel.

Die Geſetze der ebenen Spiegel laſſen ſich leicht aus dem Geſetze der Zurückwerfung des Lichtes: daß der Ausfallswinkel dem Einfallswinkel gleich iſt, ableiten. Geſetzt AB (Fig. 280.) ſei der Durchſchnitt eines ebenen Spiegels, DD das ſich ſpiegelnde Object, O das Auge des Beobachters, DA das auf AB ſenkrechte Einfallsloth, DM der einfallende Strahl. Dann iſt DMA der Einfallsw. = ONB dem Ausfallsw. = ANF (des letztern Scheitelw.). Da nun AN = AN u. bei A rechte Winkel ſind, ſo iſt Dreieck DMA congruent Dreieck FNA, folglich FA = DA; der Punkt F des Bildes fällt gerade eben ſo weit hin-

*) Auch in die Metalle ſcheint das Licht in gewiſſem Grade einzudringen, ſo daß Metallſpiegel bis zu einer gewiſſen Tiefe durchſichtig ſind. Brewſter erklärt hiernach das Phänomen eines chineſ. Spiegels; derſelbe beſtand aus einer Compoſition von Zinn u. Kupfer (chineſ. Silber) und hatte auf der Rückwand Figuren; ließ man nun Sonnenſtrahlen von ſeiner polirten Vorderfläche reflectiren und auf eine Wand fallen, ſo erſchien auf dieſer ein deutliches Bild der auf der Rückwand befindlichen Figuren. Nach Brewſter wurde das Bild aber nicht von den Figuren erzeugt, ſondern dieſe waren nur angebracht, um den Unterſucher auf falſche Spur zu leiten. „Die Bilder (ſagt Brewſter) ſind vielmehr eine Copie der Zeichnung, welche der Künſtler auf die Vorderſeite des Spiegels aufgetragen u. durch Schleifen ſo verſteckt hat, daß ſie im gewöhnlichen Lichte unſichtbar iſt und nur im Sonnenlichte hervortritt. Will man z. B. einen Drachen hervorbringen, ſo braucht man nur einen ſolchen auf die bis zur Politur fertige Spiegelfläche mit dünnen Strichen zu graviren, oder, damit nur der kleinſtmögliche Theil des Metalles fortgenommen werde, mit einer verdünnten Säure einzuätzen, und dann die Oberfläche ſtark zu poliren, nicht auf Pech, wie es mit Glas und Spiegeln geſchieht, ſondern auf Wollenzeug, wie man Linſen zuweilen polirt. Auf dieſe Weiſe werden die vertieften Linien eben ſo ſtark polirt, als die übrige Fläche und die Figur erſcheint nur in ſehr ſtarkem Lichte, wenn man Sonnenſtrahlen von der Metallfläche reflectiren läßt. Wenn der von der Figur eingenommene Raum mit Linien bedeckt oder geätzt iſt, ſo erſcheint die Figur auf der Wand dunkel auf hellerem Grunde; iſt aber dieſer Raum unverletzt gelaſſen, und die übrige Fläche gravirt oder geätzt, ſo erſcheint die Figur hell auf dunklerem Grunde.“

ter AB, als der entſprechende Punkt D des Objekts vor AB liegt. Eine entſprechende Betrachtung läßt ſich für jeden Punkt des Objekts und den entſprechenden Punkt des Spiegelbildes anſtellen und es folgt, daß beim ebenen Spiegel:

1) das Spiegelbild eben ſo weit hinter dem Spiegel liegt, als das Objekt vor demſelben;

2) daß das Spiegelbild eben ſo geneigt iſt, gegen die Ebene des Spiegels, wie des Objekts;

3) daß das Spiegelbild dieſelbe Größe wie das Objekt hat; wobei zu bemerken, daß hier nur von der ſcheinbaren durch den Geſichtswinkel beſtimmten Größe (ſ. d. Art. Geſicht, S. 687) die Rede ſein kann.

Es folgt zugleich, daß im Spiegelbilde, alles was am Objekt rechts iſt, links wird und umgekehrt, und daß der Gegenſtand ſelbſt mit dem Bilde einen Winkel macht, welcher doppelt ſo groß iſt als der Winkel, welchen das Objekt mit der Ebene des Spiegels macht. Man kann ſich namentlich von der erſten Erſcheinung leicht überzeugen, wenn man ſein eigenes Bild im Spiegel betrachtet. Nimmt man ungewohnte Beſchäftigungen vor dem Spiegel vor, ſo wird man häufig die Richtungen der Bewegung verwechſeln.

Wenn ein Spiegel einen Gegenſtand vollſtändig im Spiegel zeigen ſoll, ſo muß ſeine Größe wenigſtens halb ſo groß als die ſcheinbare Größe des Gegenſtandes ſein. Denn geſetzt SL (Fig. 281.) bedeute den Spiegel, AB das Objekt, A′B′ das Bild, ſo ziehe man von einem beliebigen Punkte P die geraden Linien PA, PB, ſo iſt sl die nothwendige Größe des Spiegels. Wie aber auch P angenommen ſein mag, ſtets wird man PN ſenkrecht auf SL und AB ziehen können. Dann muß nach dem Vorhergehenden PM = MN ſein, und man hat: sl : AB = PM : PN = 1 : 2. — Wird ein Spiegel um eine in ſeiner Ebene liegende Axe gedreht, ſo bewegt ſich natürlich das Spiegelbild, und zwar um einen doppelt ſo großen Winkel, als der Winkel, um welchen der Spiegel gedreht wird. Iſt Fig. 282. SL der Spiegel in der erſten Lage, S′L′ derſelbe in der zweiten Lage, ſo iſt die Drehung um den Winkel SOS′ erfolgt. Steht nun der Gegenſtand bei G, ſo iſt (GOS = BOL), GO der einfallende, OB der ausfallende Strahl, u. nach der Drehung iſt (GOS′ = B′OL′) GO der einfallende, OB′ der ausfallende Strahl. Es iſt alſo BOB′ der Winkel, um den das Bild gedreht worden, und es wird behauptet, daß BOB′ = 2SOS′. MO iſt eine Senkrechte auf SL u. M′O auf S′L′. Es iſt BOB′ = BOL + LOB′; aber BOL = GOS und LOB′ = LOL′ — B′OL′ = SOS′ — GOS′; mithin BOB′ = GOS + SOS′ — GOS′ = 2 SOS′, welches behauptet wurde. — Stehen zwei Spiegel rechtwinklich aufeinander, wie BC und DC (Figur 283.) und bewegt ſich ein in beiden geſpiegelter Körper A ſenkrecht gegen den einen, z. B. in der Linie AB, ſo geht zugleich das Bild a nach B und das Bild b nach c, ſo daß ſich beide Spiegelbilder einander entgegen bewegen. Die Richtungen, in welcher die Bewegung der Bilder erfolgt, wenn ſich A nicht ſenkrecht, ſondern ſchief wie in Ah

(Fig. 284.) gegen den einen Spiegel bewegt, iſt leicht zu finden. ah, die Linie, in der ſich das Bild a bewegt, ergibt ſich durch die beiden Punkte a und h, von denen a gleichweit wie A vom Spiegel BC entfernt iſt. Im Spiegel CD muß aber die Linie bc, in der ſich das Bild b bewegt, denſelben Winkel mit CD machen, wie Ah und dieſer gleich ſein, d. h. man findet bc, wenn man CD verlängert, bis ſeine Verlängerung von der Verlängerung von Ah getroffen wird, und von dem ſo gefundenen Punkte c′ eine gerade Linie nach b (welcher Punkt durch bD = DA gegeben iſt) zieht, und auf dieſer bc = Ah nimmt. Dann nämlich ſind die Winkel bei c′ gleich. Denſelben Punkt c findet man auch nach den leichteſten mathematiſchen Regeln, wenn man BC verlängert und Cc = hC nimmt. — Iſt ein Spiegel um 45° gegen den Horizont geneigt, ſo erſcheint in ihm ein gegen dieſen ſenkrechtes Objekt horizontal und ein horizontales Objekt perpendiculär; aus dem Grunde, weil das ſenkrechte Objekt mit dem Spiegel einen Winkel von gleichfalls 45° macht, folglich das Bild desſelben einen gleichen Winkel mit dem Spiegel bildet, mit dem Objekt alſo einen Winkel von 90°. Ein Bild welches in einem Winkel von 90° gegen ſein perpendiculäres Objekt ſteht, iſt aber horizontal. Eben ſo iſt ein Bild, welches in einem Winkel von $2 \times 45° = 90°$ gegen ſein horizontales Objekt ſteht, perpendiculär. Bei den Guckkaſten wird von dieſer Erſcheinung Anwendung gemacht, indem ein um 45° geneigter Spiegel die horizontal vor ihm liegenden Bilder in perpendiculärer Lage zeigt. — Hat man einen geneigten Spiegel CD, welcher mit der Perpendicularlinie den Winkel x (Fig. 285.) macht, und geht von dem Punkte S, wo die Verlängerung des Spiegels die Perpendiculäre trifft, eine ſchiefe Ebene SB herab, welche gegen den Horizont den Winkel m macht, ſo wird eine Kugel A, welche auf der ſchiefen Ebene von S herabrollt, im Spiegelbilde von S nach b ſenkrecht hinaufrollen, wenn der Winkel $x = \frac{1}{2}\, bSB = \frac{90° + m}{2}$. Sind Spiegel und geneigte Ebenen ſo in einen Kaſten eingeſchloſſen, daß das durch eine Ocularröhre auf den Spiegel gerichtete Auge nur das Spiegelbild erblickt, ſo hat man einen Apparat, der eine ſenkrecht in die Höhe rollende Kugel zeigt. — Zwei einander parallel gegenüberſtehende ebene Spiegel ſpiegeln ſich einer im andern, und wiederum jedes Bild des einen im anderen, ſo daß derartige Spiegel ihr eigenes Bild in der That unendliche Male wiedergeben. Daſſelbe iſt der Fall mit einem zwiſchen beiden Spiegeln befindlichen Objekte. Man würde dieſes wirklich unzähligemal wahrnehmen, wenn nicht endlich die Bilder bei einem zunehmenden Lichtverluſte, je öfter ſie zurückgeworfen, ſo dunkel würden, daß man ſie nicht mehr wahrzunehmen vermag. Man verbindet, um eine Vervielfältigung der Bilder zu erzeugen, mehre Spiegel in verſchloſſenen Räumen, welche entweder größere Spiegelzimmer, Spiegelſäle ſind, oder kleinere, ſogenannte Spiegelkaſten. Je kleiner der Neigungswinkel zweier Spiegel gegen einander iſt, deſto öfter muß ſich das Bild eines zwiſchen beiden befindlichen Objekts vervielfältigen. Das

Bild eines ſolchen Objekts erſcheint bei einem Neigungswinkel der Spiegel von 120 Grad, 2 mal, von 90° 3 mal, von 72° 4 mal, von 60° 5 mal, von $51\frac{1}{7}$° 6 mal, von 45° 7 mal, von 40° 8 mal, von 36° 9 mal u. ſ. w. Beiſpiele von Spiegelkaſten ſind folgende. Man verfertigt ſich einen pappenen Kaſten in Geſtalt eines vielſeitigen ſenkrechten Prismas, und theilt ſelbigen durch Diagonalwände, welche ſich alle in der Axe des Prisma ſchneiden, in ſo viele dreieckige Zellen ab, als das Prisma Seitenflächen hat. Dieſe Diagonalwände überlegt man auf beiden Seiten mit Spiegelglas, bohrt in die Seitenflächen Löcher, durch welche man in die Zellen ſehen kann, bringt in jede Zelle einen einzelnen Gegenſtand, und bedeckt den Kaſten oben mit dünnem, durchſichtigem Zeuge, damit das Licht durchgehe. Man erblickt alsdann durch jedes Loch einen Schauplatz eben ſo groß, als den ganzen Kaſten, welcher doch jedes Mal mit andern Gegenſtänden erfüllt iſt. — Auch kann man in einem ſolchen Kaſten von der nämlichen Form, aber ohne Diagonalwände, die innern Seitenflächen allein mit Spiegelglas belegen, wovon man an den Löchern die Belegung abſchabt, um in das Innere ſehen zu können. Mitten in dem Kaſten wird ein einziges Objekt, z. B. eine Puppe geſtellt. Sieht man durch ein Loch hinein, ſo erblickt man den Gegenſtand ungemein vervielfältigt. Weil parallel geſtellte Spiegel die größte Vervielfältigung der Bilder zuwege bringen, ſo dienen zu dergleichen Spiegelkaſten am beſten ſolche Polygone, deren zwei einander entgegengeſetzte Seitenflächen mit einander parallel gehen, wie z. B. das Sechseck, Achteck u. ſ. w.

Spießglanz (**Spießglas**, **Spießglanzkönig**, **Antimon**), ein Metall, welches ſelten gediegen, häufig mit Schwefel verbunden vorkommt, und auf künſtlichem Wege ſchon im 15ten Jahrhundert durch Baſilius Valentinus dargeſtellt wurde. Man erhält es meiſt durch Zerlegung des Schwefelantimons mittels Eiſen, oder durch Behandlung der ſogenannten Spießglanzaſche (Product des geröſteten Schwefelantimons), mit rohem Weinſteinpulver, oder durch Verpuffung eines Gemenges von 16 Theilen Schwefelantimon, 12 Theilen Weinſtein und 6 Theilen Salpeter. Nachdem es ſorgfältig gereinigt, erſcheint das reine Metall als eine ſilberweiße, ziemlich ſtark glänzende Subſtanz von ſtrahlig-kleinblättrigem Gefüge, die in Rhomboedern und deren Abänderungen kryſtalliſirt, ein ſpecif. Gewicht von 6,7 — 6,8 beſitzt, nicht beſonders hart, ſehr ſpröde und leicht pulveriſirbar iſt. Sie ſchmilzt in ſchwacher Rothglühhitze, und verflüchtigt ſich in ſtarker Rothglühhitze bei Zutritt der Luft in weißen geruchloſen Nebeln, im verſchloſſenen Raume aber erſt bei Weißglühhitze. Iſt das Antimon mit Arſenik verunreinigt, wie dieß nicht ſelten vorkommt, ſo entwickelt es vor dem Löthrohr einen knoblauchartigen Geruch. — Verbindungen des Antimons ſind mit Sauerſtoff: Antimonoxyd, antimonichte und Antimonſäure. Erſteres, welches im unreinen Zuſtande auch Spießglanzglas heißt, und in der Natur als die ſogenannte Antimonblüthe ſich findet, bildet ſich beim Glühen von Antimonmetall oder Schwefelantimon, wo es als weißer Nebel auf-

ſteigt, und ſich an kalte Körper als ein weißes, lockeres Pulver, oder in glänzenden Nadeln (Spießglanzblumen) anlegt. Das natürlich vorkommende kryſtalliſirt in weißen, geraden rhombiſchen oder ſechsſeitigen Säulen von ungleichen Dimenſionen, welche Demantglanz zeigen. Das künſtliche durch Sublimation erhaltene, bildet weiße, glänzende Nadeln, das auf naſſem Wege durch Fällung des ſalpeterſauren Antimonoxydes mittels vielen Waſſers bereitete, zeigt ſich als ein gelblich oder graulich weißes Pulver, das geſchmacklos und im Waſſer unlöslich iſt. Es wird beim Erhitzen gelb, ſchmilzt leicht in ſchwacher Rothglühhitze und erſtarrt, ſobald es erkaltet zu einer grauweißen, ſtrahlig-kryſtalliniſchen, ſeidenglänzenden Maſſe, verflüchtigt ſich bei höherer Temperatur in weißen geruchloſen Nebeln, und wirkt brechenerregend, daher es zur Bereitung des Brechweinſteins angewandt wird. Das Spießglanzglas erſcheint als hyacinthrothe, durchſichtige, ſchwere, ſpröde, glasähnliche Subſtanz, die ſich übrigens wie das reine Oxyd verhält. Mit Säuren bildet das Antimonoxyd die Antimonoxydſalze, farbloſe oder blaßgelbe, größtentheils im Waſſer lösliche Körper, welche durch viel Waſſer in ſaure und baſiſche Salze zerlegt, durch Hydrothionſäure braunroth oder orange, und durch Zink, Kadmium und Eiſen metalliſch gefällt werden. Auch ſie wirken brechenerregend. Die zweite Oxydationsſtufe des Spießglanzes, antimonichte Säure, wird im unreinen Zuſtande Spießglanzaſche genannt, ein aſchgraues Pulver, welches ſich bei raſchem Feuer zu Spießglanzglas zuſammen ſchmelzen läßt. Die reine antimonichte Säure iſt dagegen ein weißes Pulver, welches beim Erhitzen vorübergehend gelb wird, ohne jedoch zu ſchmelzen, oder ſich zu verflüchtigen, iſt geſchmacklos, unauflöslich im Waſſer, mit welchem ſie ein Hydrat bildet, und röthet das Lakmus nicht. Die dritte Verbindung des Spießglanzes mit Sauerſtoff, die Antimonſäure, rein zuerſt von Berzelius 1811 dargeſtellt, in der Natur als Antimonocker vorkommend, erſcheint als ein ſtrohgelbes oder blaßcitrongelbes, durch Erhitzung, ohne zu ſchmelzen, dunkelorange ſich färbendes Pulver, welches geſchmacklos, im Waſſer unlöslich, das Lakmus nicht röthend, und unſchmelzbar iſt. Mit Waſſer bildet es Antimonſäurehydrat, und mit den Baſen, zu welchen die Antimonſäure übrigens nur geringe Verwandtſchaft zeigt, die antimonſauren Salze, von denen die antimonſauren Alkalien bei vorherrſchenden Säuren in Waſſer unlöslich, die neutralen und baſiſchen aber zum Theil löslich ſind, zum Theil in der Hitze verglimmen, und ſich dann ſchwer zerlegen laſſen. — Eine Verbindung des Spießglanzes mit Stickſtoff iſt das baſiſch ſalpeterſ. Antimonoxyd, ein graulich weißes, faſt geſchmackloſes im Waſſer unlösliches Pulver. Mit Chlor geht nach Roſe das Antimon zwei Verbindungen ein, einfaches Chlorantimon (anderthalb Chlorantimon, Spießglanzbutter, Spießglanzöl) und doppeltes Chlorantimon (Antimonchlorid, Antimonſuperchlorid). Zu dem einfachen Chlorantimon gehören als Unterabtheilungen noch das ſalzſ. Antimonoxyd und das baſiſch-ſalzſ. Antimonoxyd (Algarothpulver, engliſches Pulver, Lebensmerkur). Einfaches Chlorantimon iſt eine

bei gewöhnlicher Temperatur feſte, weiße, ſtrahlig kryſtalliniſche Maſſe, welche durch langſames Auflöſen in ſehr wenig Waſſer zum Theil in waſſerhellen vierſeitige Säulen bildenden Kryſtallen anſchießt, leicht ſchmelzbar, ſehr flüſſig iſt, an der Luft, beſonders bei Erwärmung dicke, weiße Nebel ausſtößt, unangenehm ſcharf riecht, und ätzend wirkt. An der Luft zerfließt dieſe Maſſe und wird, ſelbſt ohne Erwärmung durch wenig Waſſer in eine milchige Flüſſigkeit, einfach ſalzſ. Antimonoxyd verwandelt. Das baſiſch ſalzſ. Spießglanzoxyd iſt ein weißes, eckelhaft metalliſch ſchmeckendes, brechenerregendes Pulver, welches ſich in reinem Waſſer ſchwer auflöſt. Das doppelte Chlorantimon tritt als farbloſe oder gelbliche höchſt widrig riechende ätzende Flüſſigkeit auf, die an der Luft ſtark raucht, eine weiße Maſſe bildet, in welcher Kryſtalle anſchießen; mit wenig Waſſer vermiſcht, erſtarrt ſie zu einer dicklichen, kryſtalliniſchen, butterartigen Subſtanz, ſalzſ. Antimonſäure. Mit Jod verbindet ſich das Antimon ſchon durch bloßes Zuſammenreiben; ſchneller bei Erhitzung. Das Jodantimon iſt eine rothbraune, kryſtalliniſche, nach dem Zerreiben zinnoberrothe Maſſe, die, leicht ſchmelzbar und flüchtig iſt, durch Waſſer vollſtändig zerlegt wird. — Mit dem Schwefel bildet das Antimon, wie mit dem Sauerſtoff hauptſächlich drei Verbindungen, einfach, anderthalb u. doppelt Schwefelantimon, von welchen die erſte und die letzte officinell ſind. Das einfache Schwefelantimon (Schwefelſpießglanz, rohes Antimon) als Schwefelſpießglanz ſchon den alten Griechen bekannt, findet ſich natürlich als Grauſpießglanzerz, welches zur Darſtellung des reinen Schwefelantimons nur ausgeſchmolzen zu werden braucht. Künſtlich erhält man es nach neueſten Vorſchriften durch Zuſammenſchmelzen von 20 Theilen käuflichen Antimon mit 11 Theilen Schwefel. Das natürliche findet ſich bisweilen in rhombiſchen Octaedern und deren Abänderungen kryſtalliſirt, das künſtliche erſcheint als eine ſtrahlig kryſtalliniſche Maſſe von hellbleigrauer Farbe und metalliſchem Glanz, die ſpröde u. leicht zu pulveriſiren iſt, ein ſchwarzgraues (das chemiſch reine, nach Roſe ein rothbraunes) Pulver gibt, geſchmacklos, faſt unlöslich im Waſſer, leicht ſchmelzbar, im verſchloſſenen Raume unzerlegbar, und in der Hitze ſehr ſchwer zu verflüchtigen iſt. Das ſpecif. Gewicht beträgt 4,6. Der einfache Schwefelantimonniederſchlag mit Antimonoxyd (rother Spießglanzſchwefel, Mineralkermes, Karthäuſerpulver), welcher in der Natur jedoch waſſerfrei als Rothſpießglanzerz vorkommt, wurde ſchon von Glauber 1658 bereitet, und war ſeitdem Gegenſtand häufiger Unterſuchungen der Chemiker. Den ſchönſten erhält man nach Liebig, wenn man 4 Theile gepulverten Schwefelantimon mit 1 Theil waſſerfreiem kohlenſauren Natron zuſammenſchmilzt, dann die Maſſe nach dem Erkalten fein zerreibt, und in einer Löſung von 2 Theilen kriſtalliſirtem kohlenſauren Natron in 16 Theilen Waſſer kocht, und heiß filtrirt. Der auf dieſe Weiſe bereitete Kermes iſt ein ſchönes, braunrothes, lockeres, ſammetartiges, aus glänzenden kryſtalliniſchen Theilchen beſtehendes Pulver, das auf Papier gerieben einen rothen Strich gibt, geſchmack- u. geruchlos iſt und in ſehr geringen Doſen brechenerregend wirkt.

Durch kochendes Waſſer wird er zerlegt, iſt in Aetzammoniak ſehr wenig, in Aetzkalilauge zum Theil löslich, und verliert durch Einwirkung von Salzſäure und verdünnter Weinſteinſäure etwas Antimonoxyd, ohne ſeine Farbe viel zu verändern. Man braucht ihn in der Medicin und Färberei. Doppelter Schwefelantimonniederſchlag (zwei und ein halb Schwefelantimon, ſchwefelhaltiges hydrothionſaures Spießglanzoxyd, Spießglanzſchwefel, Goldſchwefel) ſchon von Baſilius Valentinus im 15. Jahrh. erwähnt, von Glauber 1654 aus den Schlacken des mit Weinſtein geſchmolzenen Spießglanzkönigs bereitet, wird nach Berzelius am beſten durch Zuſammenſchmelzen von 4 Th. einfach kohlenſaurem Kali, 5 Th. Schwefelantimon, und 1 Th. Schwefel zu Spießglanzleber, und Auflöſung der Maſſe in heißem Waſſer dargeſtellt. Man erhält ſo ein leichtes, lockeres, lebhaft orangefarbenes Pulver, welches faſt geſchmack- und geruchlos, unlöslich in kaltem Waſſer iſt, und durch wäſſeriges Ammoniak, Kali oder Natron in der Wärme vollſtändig aufgelöſt wird. Dieſe Auflöſung benutzt man als ſchönes Rothgelb in der Färberei. Endlich das baſiſch ſchwefelſaure Antimonoxyd, ein grauweißes, ſchweres, faſt geſchmackloſes und im Waſſer unlösliches Pulver erhält man durch Auflöſung von 2 Th. Antimonmetall in 3 Th. erhitzter concentrirter Schwefelſäure. — Es wird zur Bereitung von Antimonoxyd und Brechweinſtein angewendet. — Mit Arſenik findet ſich das Antimon theils natürlich verbunden, als Arſenikſpießglanz, theils laſſen ſich beide Körper leicht zu einem ſpröden leichtflüſſigen Gemiſch, welches das Anſehn des Antimons hat, zuſammenſchmelzen. Ein Gemiſch von gleichen Theilen Schwefel, Antimon und weißem Arſenik war früher unter dem Namen Pyrmeſonſtein, arſenikaliſcher Magnet, ſpießglanzhaltiger Arſenikrubin officinell. -- Mit Kalium vereinigt ſich das Antimon unter Feuerentwickelung leicht zu Antimonkalium, einer grauen, ſtrahlig kryſtalliniſchen, metalliſch glänzenden Maſſe, welche an der Luft ſchnell matt und ſchwarzgrau wird, dabei zu Pulver zerfällt und ſich mit Kali bedeckt. Wirft man es ins Waſſer, ſo entwickelt es raſch, bisweilen unter Erglühen, Waſſerſtoffgas, welches, wenn Arſenik im Antimon war, Arſenikwaſſerſtoffgas enthält. Auch durch Glühen des Brechweinſteins in verſchloſſenen Gefäßen entſteht kohlenhaltiges Antimonkalium, welches ſich an der Luft ſelbſt entzündet. Von den übrigen Verbindungen des Antimons mit Kalium iſt die in ihrer Anwendung wichtigſte das ſaure atimonichte und antimonſaure Kali (gewaſchenes ſchweißtreibendes Spießglanz). Man erhält es durch Verpuffung eines Gemenges von 4 Theilen Schwefelantimon mit 10 Theilen trockenen Salpeters, welches Gemenge ſo lange mit kochendem Waſſer ausgewaſchen wird, bis ſich nichts mehr auflöſt. Der Rückſtand iſt das ſchweißtreibende Spießglanz, ein weißes geſchmackloſes, in Waſſer unlösliches, in Säuren ſehr ſchwer auflösliches Pulver, welches erſt in der Weißglühhitze ſchmilzt, und nicht brechenerregend wirkt. Außerdem ſind noch zu nennen das Schwefelantimonkalium (Kaliſpießglanzleber), eine dunkelbraune oder ſchwarze alkaliſche Maſſe, die in kochendem Waſſer lös-

lich iſt, beim Erkalten Kermes fallen läßt, oder klar bleibt, je nachdem Antimon oder Schwefel vorwaltet, und der Spießglanzſafran, den man durch Verpuffung gleicher Theile Schwefelantimon und Salpeter erhält, ein mehr oder weniger hell oder dunkelbraungelbes oder roſtfarbenes, geſchmackloſes, im Waſſer unlösliches Pulver. — Natrium verhält ſich gegen das Antimon, wie Kalium. Von den hierher gehörigen Verbindungen iſt vorzüglich zu nennen das ſchwefelhaltige hydrothionſaure Antimonoxydnatron (kryſtalliſirtes Schwefelantimonnatrium). Es iſt ein in waſſerhellen Tetraedern zum Theil ſchief auf einander liegenden rhomboidalen Tafeln kryſtalliſirendes, luftbeſtändiges Salz, von anfangs kühlendem, dann widerlich ſtechendem, metalliſch ſchweflichtem Geſchmack. Weingeiſt ſchlägt aus der wäſſerigen Löſung ein weißes Salz nieder, und färbt ſich ſchnell gelb unter Ablagerung von weißlichen Flocken, die bald orangegelb werden. Endlich von den Verbindungen des Antimons mit Calcium verdient nur das Schwefelantimoncalcium, der im 18ten Jahrhundert von Hofmann entdeckte, und als Geheimmittel verkaufte, ſogenannte Spießglanzkalk erwähnt zu werden. Man erhält ihn nach Hofmann durch Glühen eines innigen Gemenges von 3 Theilen Schwefelſpießglanz, 4 Theilen Schwefel und 16 Theilen reinen Kalk in einem verſchloſſenen Tiegel, als ein weißgelbliches ſchwach nach Hydrothionſäure riechendes Pulver von ſcharfem, ſchweflichtem Geſchmack, das ſich übrigens wie andere Schwefellebern verhält.

Sprachgewölbe, Sprechſaal iſt ein abſichtlich ſo gebautes Gewölbe oder Saal, daß Worte, die an einem Orte leiſe geſprochen werden, an einem andern Orte gehört werden, während irgend wo anders im Saale ſtehende Perſonen ſie nicht vernehmen. Das Gewölbe bei dem eine derartige Erſcheinung auftreten ſoll, muß eine elliptiſche Geſtalt haben, dann werden die von dem einen Brennpunkte ausgehenden Schallſtrahlen in dem andern vernommen. Ein derartiges Zimmer befindet ſich in der Sternwarte zu Paris. Aus dem Alterthume bekannt iſt das Ohr des Dionys, eine in Fels gehauene Grotte zu Syrakus, in der man an einem Punkte alle auch die leiſeſten Worte vernimmt, welche in der Grotte geſprochen werden. Sie muß nach Kircher paraboliſch gebaut ſein, weil die Parabel alle mit ihrer Axe parallel einfallenden Strahlen im Brennpunkte ſammelt.

Sprachrohr iſt ein hohler abgekürzter Kegel, deſſen kleinere Oeffnung der Sprechende vor den Mund nimmt, während er die größere Oeffnung derjenigen entfernt ſtehenden Perſon zuwendet, welche die Rede wahrnehmen ſoll, und die, wenn das Sprachrohr nicht angewendet würde, jene Worte nicht hören würde. Dieß einfache Inſtrument iſt von Samuel Morland 1670 erfunden worden, und beruht einfach darauf, daß durch die Zurückwerfung der Schallſtrahlen von den Wänden des Rohres die Töne mehr zuſammen gehalten werden, als ohnedieß geſchieht. Man hat mancherlei Verbeſſerungen mit dem Sprachrohre vornehmen wollen, die ſich jedoch als nutzlos oder gar nach-

theilig erwieſen haben. Lambert hat gezeigt, daß die Form des abgekürzten Kegels, wo nicht die beſte, doch eben ſo gut wie jede andere iſt.*) Nach Munckes Verſuchen, iſt die größte Weite, bis zu welcher der Schall einer ſtarken Stimme durch ein gutes Sprachrohr getragen werden kann, 18000 Fuß.

Springbrunnen oder Fontainen, werden die in der Natur vorkommenden oder künſtlich hergeſtellten Vorrichtungen genannt, welche Waſſer bis zu einer gewiſſen Höhe mit Ueberwindung der Schwere emportreiben, ſo daß es frei aus einer Oeffnung in einem Strahle oder in mehren Strahlen emporſpringt. Bei jedem Springbrunnen kommt dreierlei in Betracht: das Reſervoir, in dem ſich das Waſſer befindet und aus dem es abgeleitet wird, die Leitungsröhren, durch welche das Waſſer bis zum Orte ſeiner Beſtimmung gelangt, und endlich die Oeffnung, aus welcher das Waſſer emporſpringt. Es kommen bei den Springbrunnen daher alle diejenigen hydrauliſchen Geſetze in Betracht, welche ſich auf das Ergießen der Flüſſigkeiten aus Gefäßen, Fortleiten

*) Es ſei (Fig. 286.) abcd der abgekürzte gerade Kegel, der als Sprachrohr dienen ſoll, de die obere Oeffnung, an welche der Mund gebracht wird, gf die Länge der Axe und ad die Länge der Seitenlinie. Hier entſteht nun die Frage, wie groß müſſen die Grundflächen im Durchmeſſer und wie groß die Länge der Axe ſein, wenn das Sprachrohr dienen ſoll, die Worte einer ſtark hineinredenden Perſon bis auf eine verlangte Entfernung verſtändlich fortzupflanzen? Es ſchneide die verlängerte Seitenlinie ad des Kegels adbe ſeine Axe in dem Punkte c; ſo iſt c die Spitze des ganzen Kegels, wovon der abgekürzte einen Theil ausmacht, und fca iſt der halbe Winkel an der Spitze. Nach der Theorie muß nun der halbe Durchmeſſer fa der größern Grundfläche ſo groß ſein, als die Länge cd der Seitenlinie des kleinern oben abgeſchnittenen Kegels; die Oeffnung de aber kann im Durchmeſſer $1\frac{1}{2}$ Zoll groß gemacht werden, damit ſie am Munde bequem anſchließe. Wenn nun die Größe des Winkels an der Spitze, mithin auch ſeine Hälfte bekannt iſt, und die Länge ca der Seitenlinie des ganzen Kegels, ſo kann der halbe Durchmeſſer fa der größern Grundfläche trigonometriſch gefunden werden; man hat nämlich sin. tot. : sin. fca = ca : fa. Eben ſo groß muß cd ſein und dieſe Länge cd von ca abgezogen, gibt die Länge ad der Seitenlinie des abgekürzten Kegels, der als Sprachrohr dienen ſoll. Lambert ſchließt aus der Theorie noch folgende Regeln, um den Winkel an der Spitze und die Länge der Seitenlinie ca zu finden: — 1) Man dividire die Quadratwurzel aus der Zahl 2 mit einem Quotienten, der gefunden wird, wenn man die Entfernung, auf welche durchs Sprachrohr deutlich geredet werden ſoll, durch die Entfernung, auf welche die ins Rohr ſprechende Perſon ohne daſſelbe verſtändlich gehört werden kann, dividirt; man hat alsdann die Länge eines Bogens für den Halbmeſſer = 1, der das Maß des halben Winkels fca an der Spitze abgibt. — 2) Man quadrire den unter 1) angeführten Quotienten und nehme $\frac{2}{3}$ von ihrer Qua-

derſelben in Röhren und Ausſtrömen derſelben aus Oeffnungen und darüber angebrachten Auffatzröhren beziehen, um ſo mehr, da zu den Springbrunnen im Allgemeinen eine Menge hydrauliſcher Vorrichtungen gehören, welche häufig nicht zu ihnen gerechnet werden. Es iſt daher zweckmäßig, bei dieſer Gelegenheit jene Geſetze im Allgemeinen zu erörtern, bei welcher Erörterung ich Pouillet zum Führer nehme.

Die Wände der Gefäße, welche Flüſſigkeiten enthalten, erleiden im Allgemeinen einen doppelten Druck: einen, welcher von innen nach außen wirkt, und die Wände zurückdrängt, und einen andern, welcher von außen nach innen wirkt, und die Wände einzudrücken ſtrebt. Der erſte iſt die Folge des Druckes der Flüſſigkeitsſäule, welche ſich über dem Punkte der Wand erhebt, welchen man in Betrachtung zieht und des Gewichtes, unter welchem dieſe Säule ſelbſt ſtehen kann; der zweite iſt der Druck der Atmoſphäre, oder im Allgemeinen der Druck des das Gefäß umgebenden Mittels. Bohrt man in die Seitenwand oder in den Boden des Gefäßes eine Oeffnung, ſo iſt die Bedingung, unter welcher die Flüſſigkeit ausläuft, dieſe: daß der innere Druck, welcher das Ausfließen zu bewirken ſtrebt, größer ſei, als der äußere Druck, welcher daſſelbe zu hindern ſtrebt. Man kann dieſe an ſich klare Bedingung noch durch den Verſuch nachweiſen. Nimmt man ein oben offenes, unten geſchloſſenes, am beſten röhrenförmiges Gefäß, füllt es ganz mit Waſſer und bedeckt ſeine Mündung mit Papier (welches man,

---

dratzahl, ſo hat man die Länge ca der Seitenlinie in Zollen, alsdann kann, wie vorhin angeführt iſt, af = cd, und daraus ferner ad gefunden werden.

Exempel. Die größte Entfernung, auf welche die Worte einer ſtark redenden Perſon verſtändlich gehört werden können, betrage etwa 400 Fuß, ſoll nun das Sprachrohr die hineingeredeten Worte auf 5000 Fuß weit verſtändlich fortpflanzen, ſo iſt der unter 1) angeführte Quotient $= \frac{5000}{400} =$ $12\frac{1}{2}$. Ferner iſt $\sqrt{2} = 1{,}414213$, und dieſe Zahl nach 1) mit 12,5 dividirt, gibt 0,11313 für die Länge des mit dem Halbmeſſer = 1 beſchriebenen Bogens, der das Maß des Winkels fca abgibt. Weil dieſer Winkel nun klein iſt, ſo iſt der Sinus von dieſem Bogen nur bis auf eine nicht zu achtende Kleinigkeit verſchieden und man findet gleich fa, wenn man ca mit der Zahl 0,11313 multiplicirt. Ferner iſt von 12,5 die Quadratzahl 156,25, und hiervon $\frac{3}{8}$ genommen, gibt die Länge ca von 58,6 Zollen. Wird dieſe nun weiter mit 0,11313 multiplicirt, ſo findet man fa, oder cd = 6,6 Zoll, und dieſer von 58,6 Zoll abgezogen, geben die Länge von da von 52 Zollen oder 4 Fuß 4 Zoll. Dieſes Sprachrohr vergrößert die Entfernung, in welcher die Worte einer laut redenden Perſon verſtändlich gehört werden können, $12\frac{1}{2}$ Mal. Wäre die Stimme der Perſon nicht ſtark genug, um ſie auf 400 Fuß weit noch verſtändlich zu hören, ſo würde man dieſe Perſon durch dieſes Sprachrohr auch nicht in der Entfernung von 5000 F. verſtehen.

damit es genauer ſich anlegt, auf der einen Seite etwas befeuchten kan), drückt dann ein ebenes Bretchen auf das Papier, dreht das Gefäß um, und nimmt das Bretchen weg, ſo fällt das Waſſer nicht heraus, wenn nicht das Gefäß eine Höhe von 32 Fuß, oder, wenn man ſtatt des Waſſers Queckſilbers nahm, von 28 Zoll hat, denn der Luftdruck wirkt gegen die Mündung, und iſt ſtärker als die Schwere der Flüſſigkeitsſäule, ſo lange jene Grenzen nicht überſtiegen werden (vergl. d. Art. Atmoſphäre und Barometer). Bedient man ſich einer Röhre von ſehr enger Mündung, ſo kann man ſelbſt die Zwiſchenlage von Papier entbehren, denn dieſe dient eigentlich nur um eine horizontale Ebene der Flüſſigkeit zu erhalten, damit durch die unvermeidlichen Schwankungen des Gefäßes das Waſſer nicht erſchüttert werde. Ergießt ſich eine Flüſſigkeitsſäule, ſo wird ſich der Luftdruck, wenn die Säule einige Ausdehnung beſitzt, dadurch äußern, daß die Luft in die Oeffnung zu dringen ſtrebt und dadurch die ausſtrömende Flüſſigkeitsſäule in ihrer Geſtalt verändert, theilt. Wie groß die Ausdehnung ſein müſſe, um dieſes Phänomen zu erzeugen, hängt ab von der Intenſität des Druckes, von der Beſchaffenheit der Flüſſigkeit und auch von der Beſchaffenheit der Wand; aber im Allgemeinen theilen ſich die Flüſſigkeitsſäulen, welche eine geringere Dicke als 1 Millimeter haben, niemals. Wir werden im Folgenden nur den aus einem Ueberſchuſſe des Druckes ſich ergebenden Ausfluß u. nicht den unregelmäßigen Ausfluß betrachten, welcher bei der Theilung der Flüſſigkeitsſäule erfolgt. Um die mathematiſchen Geſetze des Ausfluſſes der Flüſſigkeiten zu beſtimmen, nimmt man im Allgemeinen die Hypotheſe von dem Parallelismus der Schichten an. Man nimmt nämlich an, in einer dünnen horizontalen oder Seiten-Wand befindet ſich eine Oeffnung, die gegen die Dimenſionen des Gefäßes ſehr klein ſei, und man ſetzt den Fall, daß während des Ausfluſſes alle flüſſigen Beſtandtheilchen (Molecules), aus denen eine ſehr dünne horizontale Schicht beſteht, mit derſelben Geſchwindigkeit begabt ſind, daß ſie zuſammen herabgehen, ohne ſich von einander zu trennen, indem ſie ſich gewiſſermaßen auf die verſchiedenen Durchſchnitte des Gefäßes gießen, um eine dünnere oder dickere Schicht zu bilden, je nachdem der Schnitt durch den ſie hindurch gehen, weiter oder enger iſt. Nach dieſer Hypotheſe berechnet man die Geſchwindigkeit, welche die Beſtandtheilchen beim Durchgange durch die Oeffnung annehmen müſſen. Cauchy ſtellt die Hypotheſe von der Permanenz der Flüſſigkeitsſtrahlen auf, d. h. er nimmt an, daß wenn die Regelmäßigkeit des Ausfluſſes hergeſtellt iſt, alle Beſtandtheilchen, welche von demſelben Punkte des Niveau ausgehen, dieſelbe Curve beſchreiben müſſen, um zur Oeffnung zu gelangen, und daß ſie ausgehend von denſelben Punkten immer dieſelbe Geſchwindigkeit haben. In allen Fällen iſt der Druck, welcher gegen die Mündung ausgeübt wird, ſelbſt veränderlich, ſo wie das obere Niveau veränderlich iſt, und die Folgen ſind veränderliche Geſchwindigkeiten. Der einfachſte Ausfluß, welchen man in Betrachtung ziehen kann, iſt derjenige, welcher unter conſtantem (gleichbleibendem) Drucke erfolgt. Um conſtanten Druck zu bewirken, gibt es im Allgemeinen namentlich drei Mittel. Das erſte, die Ueber-

füllung, kann auf verſchiedene Weiſen erreicht werden, unter denen folgende die einfachſte und genaueſte zu ſein ſcheint. R (Fig. 287.) iſt ein Behälter, s ein Ventil, welches ſich mehr oder weniger hebt, t eine Röhre, cc′ ein Kaſten und o die Oeffnung, durch welche die Flüſſigkeit ausfließt. Man läßt ſo viel Waſſer durch das Ventil s eintreten, als durch die Oeffnung o ausfließt. Das Niveau erhält ſich genau in der Höhe nn′; die Röhre t und der Kaſten cc′ ſind beſtimmt, die Aufregung zu verhindern, welche das Waſſer durch ſeinen Fall erzeugen könnte, den die ſchwächſten Bewegungen, ſelbſt auf der oberen Oberfläche können von Einfluß auf die Ausſtrömung ſein. Das zweite der Mittel, von denen geſprochen wurde, iſt Prony's Schwimmer. ABCD (Fig. 288. u. 289.) iſt eine große rechtwinklige Küpe, die durch die beiden kleinen Scheidewände cc′ in drei Abtheilungen C, C′, C^2 zerlegt iſt. Das Niveau des Waſſers geht über dieſe Scheidewände hinweg; F und F ſind die Gefäße, aus denen der Schwimmer beſteht; jedes von ihnen taucht in eine der äußerſten Abtheilungen, und dient, das Waſſer in die mittlere Abtheilung überzutreiben, welche das ausfließende Waſſer hergibt; II iſt eine große Metallplatte, in welcher die Oeffnungen und Aufſätze angebracht ſind, durch welche man die Flüſſigkeit hindurch gehen laſſen will. Man ſieht ſie Fig. 288. von vorn, Fig. 289. von der Seite. Die Gefäße F, F, des Schwimmers beſtehen aus ſehr dünnem Kupferblech; ihre Wände ſind durch kleine eiſerne Stäbe t geſteift, welche an die größern Stangen T befeſtigt ſind. Dieſe bilden einen durch den Schwimmer getragenes Rechteck u. tragen ein Gefäß V, welches unter der Küpe hingeht, und einen Trichter er, welcher beſtimmt iſt, die Produkte des Ausfluſſes in das Gefäß zu führen. Iſt das Gleichgewicht hergeſtellt, und nimmt man 10 Kilogrammes Waſſer aus dem Innern der Küpe, ſo ſenkt ſich das Niveau um eine gewiſſe Quantität, wird aber daſſelbe Gewicht von 10 Kilogrammes in den Schwimmer gebracht, entweder oben in die Gefäße F, F, oder unten in das Gefäß V, ſo wird das Niveau genau auf denſelben Punkt zurückgeführt; denn der Schwimmer, welcher um 10 Kilogrammes ſchwerer geworden, wird 10 Kilogrammes Waſſers mehr aus der Stelle drängen, und wird daher, indem er ſich einſenkt, dieſelbe Wirkung hervorbringen, wie wenn man in die Küpe die 10 Kilogrammes Waſſer wieder eingebracht hätte, die man heraus genommen. Um während des Ausfluſſes fortwährend daſſelbe Niveau zu haben, kommt es allein darauf an, den Schwimmer in jedem Augenblicke mit einem Gewichte zu belaſten, welches demjenigen gleich iſt, das durch die Mündung ausfließt. Genau geſchieht dieß aber durch den Trichter er, indem dieſer alles aus der Küpe tretende Waſſer in das Gefäß V führt. Allerdings übt diejenige Flüſſigkeit, welche zwiſchen der Oeffnung und dem Trichter unterweges iſt, noch keinen Druck zur Herſtellung des Niveau's aus, aber man kann die hieraus erwachſende Differenz leicht in Rechnung bringen. Das dritte Mittel zur Erzeugung eines conſtanten Druckes iſt endlich das Mariotteſche Gefäß. Fig. 290. 291. u. 292. ſtellt dieſen Apparat dar. t iſt eine Röhre, welche in dem Stöpſel des Halſes b der Flaſche verſchoben werden

kann, und deren unteres Ende abwechſelnd entweder bis zu dem Punkte p unter dem Niveau nv der Seitenöffnung geſenkt, oder bis zum Punkte h oberhalb dieſes Niveaus gehoben wird. Die Seitenöffnung iſt hinreichend eng, daß ſich die Flüſſigkeitsſäule nicht theilen kann. Befindet ſich die Röhre in p (Fig. 290.) und iſt ſie, ſo wie die Flaſche mit Waſſer gefüllt, ſo iſt klar, daß die Flüſſigkeit durch die Seitenöffnung v ausfließen muß; denn der innere Druck iſt aus dem Druck der Atmoſphäre, der gegen die obere Mündung der Röhre wirkt, u. aus dem Drucke zuſammengeſetzt, welcher von dem Gewichte der Flüſſigkeitsſäule sn herrührt, während der äußere Druck nur der Druck der Atmoſphäre iſt. Die Flüſſigkeit ergießt ſich in der That und das Niveau fällt ſchnell im Innern der Röhre von s bis n; dort bleibt es ſtehen und aller Ausfluß hört auf; das Gefäß bleibt voll, die Mündung v offen und doch entweicht kein Tropfen der Flüſſigkeit. Da auf der ganzen Fläche der horizontalen Lage n′nv der Druck derſelbe wie im Punkte n iſt, d. h. ein Atmoſphärendruck, ſo bleibt kein Ueberſchuß des Druckes im Innern der Röhre über den äußerlichen Druck, durch welchen ein Ausfluß bewirkt werden könnte. Auf einer anderen Lage wie cc′ rührt der Druck nicht nur von dem Gewicht der Flüſſigkeitsſäule oberhalb her, ſondern iſt gleich Einem Atmoſphärendruck, weniger der Säule c′n′. Jetzt ſchiebe man die Röhre bis zum Punkte h (Fig. 291.) empor; ſogleich beginnt der Ausfluß wieder, Luftblaſen bilden ſich am unteren Ende der Röhre, ſchwellen auf, löſen ſich und ſteigen fadenartig in den oberen Theil des Gefäßes. Der Ausfluß ſetzt ſich in derſelben Art mit conſtanter Geſchwindigkeit fort, die ganze Zeit hindurch, während welcher das Niveau der Flüſſigkeit von der Höhe des Gefäßes bis nach h herabſteigt; denn der Druck auf die Schicht n′nv iſt dann aus dem atmoſphäriſchen Druck, welcher in h wirkt und dem Drucke, welcher dem Gewicht der Säule hn entſpricht, zuſammengeſetzt. Beide Drucke bleiben conſtant, ſo lange als das Niveau nicht bis h′ gefallen iſt; von dieſem Augenblicke an vermindert ſich die Ausflußgeſchwindigkeit immer mehr, bis ſie völlig Null wird, ſobald das Niveau bis n gekommen. Das Mariotteſche Gefäß kann unter ſehr verſchiedenen Geſtalten vorgeſtellt werden, entweder mit einer Seitenöffnung für den Ausfluß, oder mit einer horizontalen Oeffnung, wie Fig. 292. zeigt. Bei einem Apparate, bei welchem die Ausflußbedingung erfüllt iſt, wo die Hypotheſe vom Parallelismus der Schichten oder ununterbrochenem Flüſſigkeitsſtrahl Anwendung findet, und wo das Niveau durch eines der angeführten Mittel conſtant erhalten wird, wird das Geſetz des Ausfluſſes durch den Torricelliſchen Satz wie folgt ausgedrückt: „Die Beſtandtheilchen (Molecules) haben bei ihrem Austritte aus der Mündung dieſelbe Geſchwindigkeit, als wenn ſie frei im leeren Raume von einer Höhe gefallen wären, welche gleich der Höhe des Niveau über dem Mittelpunkte der Oeffnung iſt. Aus dieſem Satz ergeben ſich drei wichtige Folgerungen: 1) die Ausflußgeſchwindigkeit hängt nur von der Tiefe der Oeffnung unter dem Niveau und keineswegs von der natürlichen Beſchaffenheit der Flüſſigkeit ab; denn alle Körper erlangen, wenn ſie im leeren Raume von gleicher

Höhe fallen, dieſelbe Geſchwindigkeit. Queckſilber und Waſſer (Fig. 293.) nehmen folglich dieſelbe Geſchwindigkeit an, wenn ſie aus Oeffnungen fließen, welche gleich tief unter dem Niveau liegen. Und doch wird das Queckſilber durch einen bei weitem größeren Druck als das Waſſer getrieben. Iſt die Tiefe der Oeffnung z. B. 32 Fuß, ſo wird das Waſſer nur durch den Druck von Einer Atmoſphäre getrieben, während das Queckſilber durch einen Druck von $13\frac{1}{2}$ Atmoſphären getrieben wird. 2) Für dieſelbe Flüſſigkeit verhalten ſich die Ausflußgeſchwindigkeiten wie die Quadratwurzeln der Tiefen der Oeffnungen unter dem Niveau; denn die Geſchwindigkeiten der ſchweren Körper verhalten ſich wie die Quadratwurzeln der Höhen, von denen ſie herabgefallen ſind. In einem Gefäße alſo, welches 100 F. Höhe hat, mache man zwei Oeffnungen, die eine bei 1 F. Tiefe, die andere am Boden des Gefäßes bei 100 Fuß Tiefe, ſo wird die Geſchwindigkeit derjenigen Flüſſigkeit, welche aus der unteren Oeffnung ausfließt, nur 10mal größer ſein, als die Geſchwindigkeit der aus der oberen Oeffnung ſtrömenden Flüſſigkeit. Dennoch wird der zweite Druck 100mal größer als der erſte ſein. 3) Wenn der Druck, welcher gegen die Oberfläche der flüſſigen Säule wirkt, größer iſt als der äußere Druck, welcher dem Ausfluß Widerſtand leiſtet, ſo wird dieſer Ueberſchuß des Druckes gleich ſein dem Gewichte einer Säule von derſelben Flüſſigkeit von einer gewiſſen Höhe; und wird die Geſchwindigkeit der Beſtandtheilchen, welche ausfließen, dieſelbe ſein, wie wenn ſie von der Höhe dieſer zweiten Säule gefallen wären, von der man annehmen muß, daß ſie über die erſte geſetzt worden wäre. Das Gegentheil würde ſtattfinden, wenn der äußere Druck größer als der Druck auf die Oberfläche der Flüſſigkeit wäre. Ehe wir zur Beſtätigung des Torricelliſchen Satzes und der aus ihm ſich ergebenden drei Folgerungen durch Verſuche gehen, muß das intereſſante Phänomen der Zuſammenziehung des Strahls erklärt werden. Nehmen wir an, die Flüſſigkeit eines Gefäßes ſpringe aus einer in eine dünne Wand gebohrten kreisförmigen Oeffnung. Der Flüſſigkeitsſtrahl wird ſenkrecht oder paraboliſch ſein, je nachdem die Oeffnung in den Boden des Gefäßes oder in eine Seitenwand gemacht worden; in beiden Fällen weiß man, daß er ſich gewiſſermaßen nach der Geſtalt der Oeffnung formt, und daß er ſich auf eine ziemlich bedeutende Strecke ausdehnt, ehe er ſich theilt und in einzelne Tropfen zerſtreut. Zwiſchen der Wand und dem Punkte, wo die Theilung erfolgt, nimmt der Flüſſigkeitsſtrahl eine glatte Oberfläche und eine beſtändige Geſtalt an; ohngeachtet der ſchnellen Bewegung der Beſtandtheilchen, welche ſich ununterbrochen folgen, bietet der Strahl den Anblick einer völlig unbeweglichen Kryſtallader dar. Hat z. B. die Oeffnung ein Centimeter Durchmeſſer, ſo iſt dieſe Ader an ihrem Urſprunge von einem Durchmeſſer = 1 Centim., aber in einigen Millimetres Entfernung wird der Durchſchnitt kleiner, und nimmt immer mehr ab, ohne bis zu einer gewiſſen Grenze die kreisrunde Form zu verlieren, wo ſich der ſogenannte Querſchnitt des zuſammengezogenen Strahles befindet; über dieſen Punkt hinaus wird der Durchſchnitt wieder größer bis zu dem Punkte, wo ſich die Ader durch die Beſchleuni-

gung der Schwere und durch die Gegenwart der Luft theilt. In den Fig. 294. u. 295. iſt ss' der zuſammengezogene Durchſchnitt. Der Ausfluß aus großen Oeffnungen bietet auch die erwähnte Contractionserſcheinung dar, aber nach einem anderen Maßſtab und unter anderen ſehr bemerkenswerthen Umſtänden. Um hiervon eine Vorſtellung zu geben, mögen beiſpielsweiſe einige Beobachtungen von Poncelet und Lesbros Platz finden. Bei einem dieſer Verſuche geht der Strahl (die ſpringende Ader) durch eine verticale Oeffnung, die durch eine dünne Wand gebohrt iſt, Quadratform u. 20 Centim. Seite hat, und unter einer Belaſtung von 1_m,68 über der Baſis der Oeffnung genommen iſt. Die hierbei erhaltenen Reſultate ſind in den Figuren 296., 297., 298. und 299. Fig. 296. iſt der Durchſchnitt der Oeffnung, und die Fig. 297., 298. und 299. ſtellen die Durchſchnitte des Strahles durch verticale der Oeffnung parallele Ebenen bei Diſtanzen von 20, 30 u. 40 Centimeter dar. Der Buchſtabe H zeigt überall den oberen Theil des Strahles an. Vergleicht man zuerſt Fig. 296. und Fig. 299., ſo erkennt man die Erſcheinung der Umkehrung des Strahles, d. h. daß gegenüberſtehend die Winkel der Oeffnung die Mitten der Seiten des Strahles ſind, und gegentheils gegenüberſtehend die Winkel des Strahles den Mitten der Seiten der Oeffnung entſprechen. Dieſe Umkehrung geht nicht plötzlich vor, ſondern geſchieht gradweiſe, wie man aus Fig. 297. und 298., den Durchſchnitten bei 20 u. 30 Centimetres ſieht. In einem geringen Abſtande der Oeffnung verſchwinden die Winkel des Quadrats, und werden durch kleine merklich ebene Facetten erſetzt, während die Seiten des Quadrats ſich nach Innen einbiegen und etwas concav erſcheinen, wenn man ſie von außen betrachtet. In dem Maße, in welchem ſich der Strahl von der Oeffnung entfernt, breiten ſich die Facetten mehr und mehr aus und hohlen ſich auch ihrerſeits aus, während die Seiten (welche den Seiten der Oeffnung entſprechen) abnehmen, ſo daß bei 20 Centim. Abſtand (Fig. 297.) der Schnitt des Strahles achteckig iſt; ſeine 8 Seiten ſind beinah gleich und gleichmäßig gegen den Mittelpunkt eingebogen; nur bemerkt man in B, am unteren Theile, eine beſondere Unregelmäßigkeit: nämlich eine in der Mitte ausſpringende Kante. Ueber 20 Centim. hinaus gehen dieſe Wirkungen in demſelben Sinne: und bei 30 Centim. (Fig. 298.) ſind die den Seiten der Oeffnung entſprechenden Flächen völlig verſchwunden, die oberen und unteren haben ſich abgerundet, und die zu beiden Seiten ſind merkwürdig eingebogen. Bei 40 Centim. Abſtand endlich ſind die eben erwähnten krummen Flächen völlig verſchwunden und der Durchſchnitt des Strahles hat nur vier merklich gleiche und ein wenig nach innen gebogene Seiten. Ueber 40 Centim. hinaus bleibt dieſe Figur dieſelbe, nur biegen ſich die Seiten mehr ein und die Spitzen werden mehr vorſpringend. Die größte Zuſammenziehung, der Durchſchnitt des zuſammengezogenen Strahls, iſt bei 30 Centim. (Fig. 298.); die Oberfläche dieſes Schnittes iſt 0,56 der Oberfläche der Oeffnung; d. h. der Zuſammenziehungs-Coefficient für dieſen Strahl iſt 0,56. Wenn die Mündungen nicht kreisförmig ſind, ſo liegen im Allgemeinen die Punkte der Oberfläche des Strah-

les, welche am nächſten der Axe ſind, und welche den Schnitt des zuſammengezogenen Strahles bilden, in einer Curve doppelter Krümmung. Mehre Phyſiker haben ſich bemüht, direct oder indirect das Verhältniß zu beſtimmen, welches zwiſchen dem zuſammengezogenen Durchſchnitt und dem Schnitte der Oeffnung beſteht, und alle ſtimmen darin überein, daß bei Oeffnungen von nur einigen Centimetres Seite dieſes Verhältniß zwiſchen 0,6 und 0,7 iſt; d. h. daß das Minimum (der kleinſte Theil) des Schnittes des Strahls nur 6 oder 7 Zehntheile der Oberfläche der Oeffnung beträgt. Dieſes Verhältniß iſt es, welches der Contractions= (Zuſammenziehungs=) Coefficient heißt. Der Abſtand des zuſammengezogenen Schnittes von der inneren Fläche der Wand iſt im Allgemeinen etwas größer als der Radius der Oeffnung, wenn dieſe klein iſt; aber für größere Oeffnungen ſcheint ſich der zuſammengezogene Schnitt weiter zu entfernen. Dieſe Reſultate ſind beinah unabhängig von der Geſtalt der Oeffnung und von dem Drucke, unter welchem die Flüſſigkeit ausſtrömt. Nur bei denjenigen Oeffnungen, deren Durchmeſſer kleiner als 1 Centimeter, iſt die Zuſammenziehung kleiner als 0,7; wahrſcheinlich darum, weil bei einer ſo kleinen Oeffnung der Durchmeſſer der Wand von Einfluß wird und daher eine Wirkung hervorgebracht wird, die der von Aufſätzen analog iſt. (S. d. Folg.) Wenn der Druck über einer horizontalen Oeffnung nur ſehr ſchwach iſt, ſo erfolgt eine Zuſammenziehung anderer Art (Fig. 300.); die Flüſſigkeit füllt noch die Mündung, aber ſie gleitet von den Wänden gegen die Mitte zu ab und bildet einen oft ſehr kleinen Faden. Hachette bezeichnet dieß als einen ſecundären Strahl (Ader). Die Zuſammenziehung des Strahles iſt ein Reſultat der Convergenz der verſchiedenen Flüſſigkeitsfäden, aus welchen derſelbe zuſammengeſetzt iſt. Wenn alle Beſtandtheilchen ſich der Mündung mit der Axe des Strahls parallelen Geſchwindigkeiten darböten, ſo würde keine Zuſammenziehung ſtattfinden, weil kein Grund vorhanden wäre, daß ſie von der geraden Linie ihrer Bewegung abgelenkt würden. Die Theilung des Strahles bei einem gewiſſen Abſtande von der Mündung wird nicht allein durch die Gegenwart der Luft erzeugt; ſie findet auch im luftleeren Raume ſtatt und iſt eine Folge der Beſchleunigung durch die Schwere. Zwei Beſtandtheilchen (Molecules), welche man von demſelben Punkte ausfallen ließe, das eine Eine Secunde nach dem anderen, würden im Augenblick, wo das zweite zu fallen begönne, 15 F. von einander entfernt ſein (vergl. d. Art. Fall, freier); aber nach 3 Secunden würden ſie 65 F. und nach einer Stunde 1785 F. von einander entfernt ſein; genau daſſelbe geſchieht mit den verſchiedenen Theilen der Flüſſigkeit, welche den Strahl bilden. Zwei Beſtandtheilchen folgen einander im Durchgange durch die Oeffnung und nach kurzer Zeit hat das erſte einen merklichen Vorſprung vor dem zweiten gewonnen.

Prony's Apparat iſt einer der bequemſten, welche man bis jetzt bei den genauen Verſuchen über die Bewegungen der Flüſſigkeiten angewendet hat. Um das erſte Geſetz (den Torricelliſchen Satz) zu bewahrheiten, paßt man an die Platte (Fig. 288. u. 289.) eine in einer dünnen Wand angebrachte Oeffnung von bekannter Größe z. B. Ein

Centimeter, mißt die Höhe des Niveau über dem Mittelpunkte der Oeffnung, und beobachtet während einer ſehr genau beſtimmten Zeit den Aufwand an Flüſſigkeit. Iſt dieſer Aufwand bekannt und in Litres ausgedrückt, ſo kann man leicht die Anzahl L der Litres, welche in 1 Sec. ausgefloſſen ſind, beſtimmen; dann kann man dieſes Volumen als einen Cylinder betrachten, der durch die Oeffnung gegangen iſt, ungefähr wie ein Draht durch das Zieheiſen, und deſſen Grundfläche mithin die Oberfläche S des zuſammengezogenen Strahles iſt, während ſeine Länge der in 1 Sec. durchlaufene Raum, d. h. die Ausflußgeſchwindigkeit V iſt. Hieraus folgt $SV = L$ oder $V = \frac{L}{S}$, welches die experimentelle oder wirkliche Geſchwindigkeit iſt. Von einer anderen Seite iſt die theoretiſche Geſchwindigkeit, welche ſich aus dem Satze ergibt $V = \sqrt{2gh}$, indem h die Höhe des Niveau über dem Mittelpunkte der Oeffnung iſt. Von der Gleichheit dieſer beiden Geſchwindigkeiten hängt die Wahrheit des Torricelliſchen Satzes ab. Da es ſehr ſchwierig iſt, direct den Durchmeſſer des zuſammengezogenen Strahls zu meſſen, um daraus ſeine Oberfläche S abzuleiten, ſo findet man im Allgemeinen kleine Differenzen; bald iſt die wirkliche Geſchwindigkeit größer als die theoretiſche, bald kleiner: aber für die kleinen Oeffnungen ſind die beiden Reſultate ſo nahe übereinſtimmend, daß man nur den Werth von S ein wenig zu vergrößern oder zu verkleinern braucht, um ſie völlig identiſch zu machen; auf dieſelbe Weiſe hat man den Werth der Zuſammenziehung des Strahles beſtimmt. In dieſem Falle ſcheint alſo der Torricelliſche Satz richtig; er gibt die Geſchwindigkeit der flüſſigen Beſtandtheilchen, welche ausſtrömen, aber nur die Geſchwindigkeit, von welcher ſie in dem Augenblicke beſeelt ſind, wo ſie durch den zuſammengezogenen Schnitt gehen; vor und nach dieſem Augenblicke haben ſie eine geringere Geſchwindigkeit, weil der Schnitt des Strahles eine größere Oberfläche darbietet. In Bezug auf große Mündungen haben Poncelet und Lesbros mit großer Genauigkeit Meſſungen angeſtellt, ſowohl im Betreff des zuſammengezogenen Schnitts als des Aufwands in einer beſtimmten Zeit; ſie konnten daraus leicht mit Genauigkeit die wirkliche Geſchwindigkeit ableiten und ihre Reſultate beweiſen, daß in dieſem Falle der Torricelliſche Satz die Geſchwindigkeit der Flüſſigkeit im zuſammengezogenen Schnitt nicht genau gibt. Man kann leicht ſehen, wie die übrigen Ausflußgeſetze mit Hilfe deſſelben Apparates erprobt werden können, und wie man auch nachweiſen kann, daß die Krümmung des Strahles eine Parabel iſt, deren Weite mit der Anfangsgeſchwindigkeit zunimmt.

Man nennt Röhren von verſchiedener Geſtalt, oder krumme auf verſchiedene Art durchbohrte Platten, welche auf Oeffnungen in dünnen Wänden gepaßt werden, um der ausfließenden Flüſſigkeit einen Durchweg zu geben, Aufſätze, Aufſatzröhren. Der einfachſte Aufſatz iſt derjenige, welcher genau die Geſtalt hat, welche der Strahl von der Oeffnung bis zum zuſammengezogenen Schnitt annimmt. Wenn er mit Genauigkeit gearbeitet und ſeine innere Fläche wohl polirt iſt,

ſo verändert er den Aufwand an Flüſſigkeit nicht. Eine krumme, von einer Oeffnung durchbohrte Wand, gibt nicht denſelben Aufwand wie eine ebene Wand, welche von einer gleichgroßen Oeffnung durchbohrt iſt. Sie gibt einen größeren Aufwand, wenn ihre Hohlung nach innen gekehrt iſt (Fig. 301.) und einen geringeren Aufwand, wenn dieſelbe nach außen gekehrt iſt (Fig. 302.). Bei den cylindriſchen Aufſätzen von demſelben Durchmeſſer wie die Mündungen in dünnen Wänden, an welche ſie angebracht ſind, tritt eine eigene Erſcheinung auf: bald bleibt der Strahl frei und geht durch den Aufſatz ohne ihn zu berühren, bald erfüllt er die Aufſatzröhre ganz. In dem erſten Falle hat die Gegenwart des Aufſatzes keinen Einfluß weder auf die Geſchwindigkeit noch auf den Aufwand; er kann keine Wirkung erzeugen, weil er keinen Berührungspunkt mit der Flüſſigkeit hat. In dem zweiten Falle bewirkt die Anhaftung, welche zwiſchen der Oberfläche des Strahls und den Wänden des Aufſatzes eintritt, eine Vermehrung der Geſchwindigkeit und des Aufwandes. Der Aufwand im erſten Falle verhält ſich zu dem im zweiten wie 100 : 133, immer vorausgeſetzt, daß der Durchmeſſer des Aufſatzes ungefähr $\frac{1}{4}$ ſeiner Länge ſei. Dieſe Erſcheinung hängt von mehren Urſachen ab, vorzüglich vom Drucke. Unter ſchwachen Beladungen wird der Strahl ſtets adhäriren, ſelbſt dann, wenn der Aufſatz ſehr kurz iſt; unter ſtarken Drucken bleibt der Strahl frei; und unter mittleren Drucken kann man nach Belieben den Ausfluß mit freiem oder mit adhärirendem Strahl bewirken; ein leichtes Hinderniß bewirkt die Adhärenz, und ein geringer Stoß reicht oft hin, den Strahl von der Wand des Aufſatzes abzulöſen und deſſen freies Ausſtrömen zu bewirken. Findet Anhängung ſtatt, ſo geſchieht die Zuſammenziehung des Strahls in dem Aufſatz, wie ſie in der freien Luft geſchehen würde (Fig. 303.); man kann ſich davon überzeugen, wenn man den Verſuch mit einer Glasröhre anſtellt, oder wenn man dem Aufſatz ſelbſt die Geſtalt des zuſammengezogenen Strahls gibt (Fig. 304.); mit dieſer Verengung iſt der Aufwand nach wie vorher 133. — Ein kegelförmiger Aufſatz kann einen noch größeren Aufwand geben; als ein cylindriſcher. Man erhält, wie es ſcheint, den größtmöglichen Aufwand, wenn man zwei entgegengeſetzte Kegelſtücke nimmt (Fig. 305.), ſo daß $vv'ss'$ genau die Geſtalt des Strahles erhält, daß $mn = 3om$ und $TT' = \frac{17}{8} ss'$. Bezeichnet man dann den Aufwand der Oeffnung mit 100, ſo erhebt ſich der des Aufſatzes beinahe bis 150. Wenn es Aufſätze gibt, welche den Aufwand vermehren, ſo iſt es ſehr leicht auch ſolche zu conſtruiren, welche ihn in einem ſehr großen Verhältniß vermindern. Jede Bauchung in einem kegelförmigen oder cylindriſchen Aufſatze bewirkt eine Verminderung der Geſchwindigkeit. Die Zurückwerfungen, Wirbel, Stöße der bewegten Beſtandtheilchen an entgegengeſetzten Bewegungen, machen die Erſcheinung ſehr verwickelt und haben als letztes Reſultat eine große Verminderung des Aufwandes. Die Krampfadern können zu den Bauchungen dieſer Art gerechnet werden, und wenn es ſchwer iſt, ihren Einfluß auf das Leben vollſtändig zu entwickeln, ſo iſt es wenigſtens erlaubt zu

ſchließen, daß in allen Fällen die Circulation des Blutes durch ſie verhindert wird. Namentlich den Unterſuchungen von Boſſut, Dubuat, Venturi, Prony, Hachette verdanken wir die neueſten Reſultate über die Bewegung der Flüſſigkeiten ſowohl durch die Oeffnungen in dünnen Wänden, als durch Aufſatzröhren. Als Einheit des Maßes für fließende Wäſſer nimmt man den Waſſerzoll, d. h. diejenige Quantität Waſſer, welche in einer Minute durch eine kreisförmige Oeffnung in einer dünnen verticalen Wand von ein Zoll Durchmeſſer fließt, und zwar mit einer Druckhöhe von 7 Linien über dem Mittelpunkt der Oeffnung. Das letzte erfordert, daß das Waſſer 8 Linien hoch über dem Niveau dieſes Mittelpunktes an den von dem Orte des Ausfluſſes entfernteſten Stellen der Oberfläche ſtehe, weil ſich das Waſſer dem Ausfluſſe zunächſt etwas ſenkt, welches unter den angegebenen Verhältniſſen 1 Lin. gerechnet werden kann. Das Volumen Waſſer, welches unter den angegebenen Umſtänden ausfließt, beträgt 14 Pinten altes par. Maß oder 672 par. Cub. Zoll in der Min. (28 Pfund); 19,2 Cub. Met. in 24 Stunden. Ein halber Waſſerzoll iſt die unter denſelben Umſtänden, aber bei einer Oeffnung von $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmeſſer ausfließende Waſſermenge; woraus folgt, daß ſowohl im Volumen als in der Quantität der halbe Waſſerzoll in Wahrheit $\frac{1}{4}$ des ganzen Zolls iſt; denn unter demſelben Drucke gibt eine Oeffnung von dem halben Durchmeſſer nur den vierten Theil des Aufwandes. Eine Waſſerlinie iſt aus demſelben Grunde nur $\frac{1}{144}$ des Zolls oder $\frac{19,2}{144}$ Cub. Met. in 24 Stunden. *)

Es gibt ſpringende Waſſerſtrahlen, welche ſich vertical von unten nach oben erheben, und andere, welche ſich in Waſſergarben erheben, nach Parabeln von verſchiedener Weite. Die Oeffnungen, welche die verticalen Strahlen erzeugen, ſind in horizontale Wände gebohrt und die in paraboliſchen Strahlen aufſteigenden ſind in Wände gebohrt, welche mannigfaltig geneigt ſein können. In allen Fällen iſt die Richtung des Wurfes durch die Schwere erzeugt, welche immer vertical wirkt, und durch den Druck oder die treibende Kraft, welche ſtets ſenkrecht gegen die Wand iſt. Da nach dem Torricelliſchen Satze die Beſtandtheilchen der Flüſſigkeit an der Oeffnung dieſelbe Geſchwin-

*) Pouillet bemerkt hierbei, daß aus dem über die Aufſatzröhren Geſagten erhelle, daß jemand, der die Bewilligung einer gewiſſen Quantität Waſſer (aus einer öffentlichen Waſſerleitung) erhält, und dem nur die Größe der Mündung angegeben wird, aus der angegebenen Mündung eine $1\frac{1}{2}$ mal größere Quantität Waſſer ziehen könne. Er braucht ſich nämlich nur eines doppelkegelförmigen Aufſatzes zu bedienen, wie er oben beſchrieben und Figur 305. abgebildet iſt; dann erhält er 150 Maß Waſſer wo er mit einer einfachen runden Oeffnung nur 100 erhalten hätte. In derartigen Conceſſionen muß folglich nicht nur der Durchmeſſer der Oeffnung angegeben werden, ſondern auch die Art der anzuwendenden Aufſatzröhre.

digkeit haben, wie wenn ſie von einer Höhe gleich der Höhe des Niveau der Flüſſigkeit im Behälter gefallen wären, ſo ſieht man, daß dieſe Geſchwindigkeit in der Richtung von unten nach oben gerade im Stande wäre, alle Beſtandtheilchen bis zu der Höhe hinaufzutreiben, von welcher ſie herabgekommen. Die Höhe des verticalen Strahls würde daher immer gleich ſein des Erhebung des Niveau über die Mündung. Aber es gibt mehre Urſachen, welche die ſpringenden Waſſer verhindern, dieſe aus der Theorie ſich ergebende Höhe zu erreichen; dieſelben erleiden Reibungen gegen die Wände der Röhren, welche ſie von dem erſten Behälter bis zu der Mündung führen und gegen die Mündung ſelbſt, an deren Wänden ſie mit großer Geſchwindigkeit hinſtreichen; ſie erfahren den Widerſtand der atmoſphäriſchen Luft und endlich fallen die Waſſerth. von dem höchſten Punkte des Strahls zurück auf die aufſteigenden Waſſerth. u. hindern ihre Bewegung. Um alle dieſe Widerſtände auf ihre kleinſten Werthe zu reduciren, beobachtet man in der Praxis folgende Regeln: 1) Man gibt den Leitungsröhren einen Durchmeſſer, der von ihrer Länge, von der Größe der Mündung und der Höhe des Waſſerbehälters abhängt. Der Durchmeſſer kann nach den ſogleich über die Leitungsröhren anzugebenden Formeln berechnet werden. Man trifft die Einrichtung, daß die Geſchwindigkeit des Waſſers in den Röhren höchſtens 2 oder 3 Centimeter in der Secunde iſt. 2) Man macht die Mündung kreisförmig und bohrt ſie in eine dünne Wand in eine Scheibe, das Plättchen. Will man die Röhre nicht umbiegen, ſo iſt das Plättchen an dem Ende derſelben befeſtigt, ſo daß es einen Theil der oberen Seitenwand der Röhre bildet. Iſt man genöthigt die Röhre umzubiegen, ſo biegt man ſie nach oben, indem man ſie abrundet und das Plättchen bildet dann das Ende. Das Plättchen iſt entweder eben oder kappenartig convex, je nachdem man einen verticalen Strahl oder eine aus mehren paraboliſchen Strahlen beſtehende Garbe haben will. Jeder Aufſatz, er mag cylindriſch oder coniſch ſein, gibt einen weniger hohen Strahl als die Oeffnungen in dünnen Wänden. Sind dieſe Bedingungen erfüllt, ſo nimmt man nach den Verſuchen von **Mariotte** an, daß der Strahl ſich bis zur Höhe von 5 Fuß erhebt, bei einer Höhe des Waſſerbehälters von 5 F. 1 Z., und daß man im Allgemeinen, um die Höhe des Behälters zu erhalten, der Höhe H des Strahles, in Fußen ausgedrückt $\left(\frac{H}{5}\right)^2$ Zolle zuſetzen müſſen. Ein Strahl von 100 F. Höhe ſetzt einen Behälter von 100 F. + $\left(\frac{100}{5}\right)^2$ Z. = 133 F. 4 Z. voraus.

Die Leitung des Waſſers iſt ein wichtiger Gegenſtand der öffentlichen und induſtriellen Oekonomie, bietet aber zugleich der Wiſſenſchaft viele Schwierigkeiten dar. Einige Centimeter mehr oder weniger im Durchmeſſer der Röhren, welche das Waſſer in einer großen Stadt verbreiten, entſprechen einem Kapital von mehren Millionen, und man muß zugleich die doppelte Bedingung erfüllen: die Röhren ſo weit als nöthig zu ma-

chen, damit ſie die erforderliche Menge Waſſer liefern und ſo eng, daß ſie den kleinſtmöglichen Koſtenaufwand verurſachen. Man hat viele Unterſuchungen über dieſen Gegenſtand angeſtellt, von denen nur diejenigen angeführt werden können, welche am nützlichſten und am leichteſten anwendbar ſind. Prony hat folgende Formel für das Fließen des Waſſers in Röhren aus Metallguß, mit denen die Leitungen hergeſtellt ſind, gefunden: $U = 26{,}79 \sqrt{\frac{DH}{L}}$. Hierin bezeichnet D den Durchmeſſer der Röhre, L ſeine Länge, H die Höhe des Niveau des Waſſers im Behälter über dem Ende der Röhre, durch welche das Waſſer fließt. Wenn dieſes Ende ſelbſt untergetaucht wäre, ſo müßte man ſeine Tiefe unter dem Waſſer in Abzug bringen. U iſt die Geſchwindigkeit des Waſſers an der Mündung oder in der ganzen Länge der Röhre, welches daſſelbe iſt; denn man nimmt an, daß ſie durchweg denſelben Durchmeſſer habe. Die Einheit des Maßes für alle dieſe Größen ſei das Meter. Um dieſe Formel anzuwenden, darf $\frac{D}{L}$ nicht größer als $\frac{1}{100}$ ſein, d. h. die Länge der Röhre muß mindeſtens 100 mal größer als ihr Durchmeſſer ſein; und der Durchmeſſer ſelbſt darf nicht ſehr klein ſein. Wenn er nur einige Millimeter oder ſelbſt 1 Centim. Durchmeſſer hätte, ſo würde die Formel ohne Zweifel zu große Reſultate geben. Innerhalb dieſer Grenzen iſt ſie von Prony mit großer Sorgfalt beſtätigt worden, ſie ſtimmt mit der Erfahrung bis zu einer Länge der Leitungen von 2280 Met. überein. Pouillet hat nach derſelben eine Tafel berechnet, welche diejenigen Reſultate enthält, welche am öfterſten in Anwendung kommen dürften. Die erſte verticale Reihe enthält die Werthe von H oder die Drucke, welche gegen die Ausflußmündung wirken; ſie gehen ſteigend von 2 zu 2 Decimeter, von 2 Decimeter bis zu 10 Meter. Die erſte horizontale Reihe enthält die Werthe von $\frac{D}{L}$ oder die Verhältniſſe des Durchmeſſers der Röhre zu ihrer Länge; dieſes Verhältniß geht wachſend von 5 zu 5 Zehntauſendtheilen, von 1 Tauſendtheil bis zu 1 Hunderttheil. Wo eine verticale und eine horizontale Reihe ſich kreuzen, findet ſich der Werth von U oder die Ausflußgeſchwindigkeit, welche den Zahlen entſpricht, welche die Ueberſchriften der Reihen beſagen.*)

*) Zwiſchenliegende Werthe laſſen ſich auf gewöhnliche Weiſe intercaliren.

	0,001	0,0015	0,002	0,0025	0,003	0,0035	0,004	0,0045	0,005
0,2	0,379	0,464	0,536	0,599	0,656	0,709	0,758	0,804	0,847
0,4	0,536	0,656	0,758	0,847	0,928	1,002	1,072	1,137	1,198
0,6	0,656	0,804	0,928	1,038	1,137	1,228	1,312	1,392	1,467
0,8	0,758	0,928	1,072	1,198	1,312	1,418	1,515	1,607	1,694
1,0	0,847	1,038	1,019	1,340	1,467	1,585	1,694	1,797	1,894
1,2	0,928	1,137	1,312	1,467	1,607	1,736	1,856	1,969	2,075
1,4	1,002	1,228	1,418	1,585	1,736	1,875	2,005	2,126	2,241
1,6	1,072	1,312	1,515	1,694	1,856	2,005	2,143	2,273	2,396
1,8	1,137	1,392	1,607	1,797	1,969	2,126	2,273	2,411	2,542
2,0	1,198	1,467	1,694	1,894	2,075	2,241	2,396	2,542	2,679
2,2	1,256	1,539	1,777	1,987	2,176	2,351	2,513	2,666	2,810
2,4	1,312	1,607	1,856	2,075	2,273	2,455	2,625	2,784	2,935
2,6	1,366	1,673	1,932	2,160	2,366	2,556	2,732	2,898	3,055
2,8	1,418	1,736	2,005	2,241	2,455	2,652	2,835	3,007	3,170
3,0	1,467	1,797	2,075	2,320	2,542	2,745	2,935	3,113	3,281
3,2	1,515	1,856	2,143	2,396	2,625	2,845	3,031	3,215	3,389
3,4	1,562	1,913	2,209	2,470	2,706	2,922	3,124	3,314	3,493
3,6	1,607	1,969	2,273	2,542	2,784	3,007	3,215	3,410	3,594
3,8	1,651	2,023	2,335	2,611	2,860	3,089	3,303	3,503	3,693
4,0	1,694	2,075	2,396	2,679	2,935	3,170	3,389	3,594	3,789
4,2	1,736	2,126	2,455	2,745	3,007	3,248	3,472	3,683	3,882
4,4	1,777	2,176	2,513	2,810	3,078	3,325	3,554	3,770	3,974
4,6	1,817	2,225	2,570	2,873	3,147	3,399	3,634	3,854	4,063
4,8	1,856	2,273	2,625	2,935	3,215	3,472	3,712	3,937	4,150
5,0	1,894	2,320	2,679	2,995	3,281	3,544	3,789	4,018	4,236
5,2	1,932	2,366	2,732	3,055	3,346	3,614	3,864	4,098	4,320
5,4	1,969	2,411	2,784	3,113	3,410	3,683	3,937	4,176	4,402
5,6	2,005	2,455	2,835	3,170	3,472	3,751	4,010	4,253	4,483
5,8	2,040	2,499	2,885	3,226	3,534	3,817	4,081	4,328	4,562
6,0	2,075	2,542	2,935	3,281	3,594	3,882	4,150	4,402	4,640
6,2	2,109	2,584	2,983	3,335	3,654	3,946	4,219	4,475	4,717
6,4	2,143	2,625	3,031	3,389	3,712	4,010	4,286	4,546	4,792
6,6	2,176	2,666	3,078	3,441	3,770	4,072	4,353	4,617	4,867
6,8	2,209	2,706	3,124	3,493	3,826	4,133	4,418	4,686	4,940
7,0	2,241	2,745	3,170	3,544	3,882	4,193	4,483	4,755	5,012
7,2	2,273	2,784	3,215	3,594	3,937	4,253	4,546	4,822	5,083
7,4	2,305	2,823	3,259	3,644	3,992	4,311	4,609	4,889	5,153
7,6	2,335	2,860	3,303	3,693	4,045	4,369	4,671	4,954	5,222
7,8	2,366	2,898	3,346	3,741	4,098	4,426	4,732	5,019	5,291
8,0	2,397	2,935	3,389	3,789	4,150	4,483	4,792	5,083	5,358
8,2	2,426	2,971	3,431	3,836	4,202	4,539	4,852	5,146	5,425
8,4	2,455	3,007	3,472	3,882	4,253	4,594	4,911	5,209	5,490
8,6	2,484	3,043	3,513	3,928	4,303	4,648	4,969	5,270	5,555
8,8	2,513	3,078	3,554	3,974	4,353	4,702	5,026	5,331	5,620
9,0	2,542	3,113	3,594	4,018	4,402	4,755	5,083	5,391	5,683
9,2	2,570	3,147	3,634	4,063	4,451	4,807	5,139	5,451	5,746
9,4	2,597	3,181	3,673	4,107	4,499	4,859	5,195	5,510	5,808
9,6	2,625	3,215	3,712	4,150	4,546	4,911	5,250	5,568	5,869
9,8	2,652	3,248	3,751	4,193	4,594	4,962	5,304	5,626	5,930
10,0	2,679	3,281	3,789	4,236	4,640	5,012	5,358	5,683	5,990

0,0055	0,006	0,0065	0,007	0,0075	0,008	0,0085	0,009	0,0095	0,01
0,889	0,928	0,966	1,002	1,038	1,072	1,105	1,137	1,168	1,198
1,256	1,312	1,366	1,418	1,467	1,515	1,562	1,607	1,651	1,694
1,539	1,607	1,673	1,736	1,797	1,856	1,913	1,969	2,023	2,075
1,777	1,856	1,932	2,005	2,075	2,143	2,209	2,273	2,335	2,396
1,987	2,075	2,160	2,241	2,320	2,396	2,470	2,542	2,611	2,679
2,176	2,273	2,366	2,455	2,541	2,625	2,706	2,784	2,860	2,935
2,351	2,455	2,556	2,652	2,745	2,835	2,922	3.007	3,090	3,170
2,513	2,625	2,732	2,835	3,935	3,031	3,124	3,215	3,303	3,389
2,666	2,784	2,898	3,007	3,114	3,215	3,314	3,410	3,503	3,594
2.810	2,935	3,055	3,170	3,281	3,389	3,493	3,594	3,693	3,789
2,947	3,078	3,204	3.325	3,441	3,554	3,663	3,770	3,873	3,974
3,078	3,215	3,346	3,472	3,594	3,712	3,826	3,937	4,045	4,150
3,204	3,346	3,483	3,614	3,741	3,864	3,983	4,098	4,210	4,320
3,325	3,472	3,614	3,751	3,882	4,010	4,133	4,253	4,369	4,483
3,441	3,594	3,741	3,882	4,018	4,150	4,278	4,402	4,523	4,640
3,554	3,712	3,864	4,010	4,150	4,286	4,418	4,546	4,671	4,792
3,663	3,826	3,983	4,133	4,278	4,418	4,554	4,686	4,825	4,940
3,770	3,937	4,098	4,253	4,402	4,546	4,686	4.822	4,954	5,083
3,873	4,045	4,210	4,369	4,523	4.671	4,815	4,954	5,090	5,222
3,974	4,150	4,320	4,483	4,640	4,792	4,940	5,083	5,222	5,358
4.072	4,253	4,426	4,594	4,755	4,911	5,062	5,209	5,351	5,490
4,168	4,353	4,531	4,702	4,867	5,026	5,181	5,331	5,477	5,620
4,261	4,451	4,632	4,807	4,976	5,139	5,297	5,451	5,600	5,746
4,353	4,546	4,732	4,911	5,083	5,250	5,411	5,568	5,721	5,869
4,443	4,640	4,830	5,012	5,188	5,358	5,523	5,683	5,839	5,990
4,531	4,732	4,925	5,111	5,291	5,464	5,632	5,796	5,954	6,109
4,617	4,822	5,019	5,209	5,391	5,568	5,740	5,906	6,068	6,225
4,702	4,911	5,111	5,304	5,490	5,670	5,845	6,014	6,179	6.340
4,785	4,998	5,202	5,398	5,587	5,771	5,948	6,121	6,289	6,452
4,867	5,083	5,291	5,490	5,683	5,869	6,050	6,225	6,396	6,562
4,947	5,167	5,378	5,581	5,777	5,966	6,150	6,328	6,502	6,671
5,026	5,250	5,464	5,670	5,869	6,062	6,248	6,429	6,606	6,777
5,104	5,331	5,549	5,758	5,960	6,156	6,345	6,529	6,708	6,882
5,181	5,411	5,632	5,845	6,050	6,248	6,441	6,627	6,809	6,986
5,257	5,490	5,715	5,930	6.138	6,340	6,535	6,724	6,908	7,088
5,331	5,568	5,796	6,014	6,225	6,430	6,627	6,820	7,006	7,189
5,405	5,645	5,876	6.097	6,311	6,518	6,719	6,914	7,103	7,288
5,477	5,721	5,954	6,179	6,396	6,606	6,809	7,006	7,198	7,385
5,549	5,796	6,032	6,260	6,480	6,692	6,898	7,098	7,293	7,482
5,620	5,869	6,109	6,340	6,562	6,777	6,986	7,189	7,385	7,577
5,689	5,942	6,185	6,418	6,644	6,862	7,073	7,278	7,477	7,671
5,758	6,014	6,260	6,496	6,724	6,945	7,158	7,366	7,568	7,764
5,826	6,086	6,334	6,573	6,804	7,027	7,243	7,453	7,657	7,856
5,894	6,156	6,407	6,649	6,882	7,108	7,327	7,539	7,746	7,947
5,960	6,225	6,480	6,724	6,960	7,189	7,410	7,625	7,833	8,037
6,026	6,294	6,551	6,779	7,037	7,268	7,492	7,709	7,920	8,126
6,091	6,362	6,622	6,872	7,113	7,347	7,573	7,792	8,006	8,214
6,156	6,430	6,692	6,945	7,189	7,424	7,653	7,875	8,090	8,301
6,220	6,496	6,761	7,017	7,263	7,501	7,732	7,956	8,174	8,387
6,283	6,562	6,830	7,088	7,337	7,577	7,811	8,037	8,257	8,472

Girard hat intereſſante Verſuche über das Fließen der Flüſſigkeiten in ſehr dünnen Röhren angeſtellt, deren allgemeine Reſultate folgende ſind. Die Flüſſigkeiten, welche die feſte Subſtanz der Röhren nicht zu benetzen vermögen, hören unter einem mehr oder weniger bedeutendem Drucke auf zu fließen, je nach dem Durchmeſſer der Röhre und ihrer Länge. Unter einem Drucke von $9,^{mm}5$ z. B. hat das Queckſilber in einer Glasröhre von $1,^{mm}12$ Durchmeſſer und 357 Millimeter Länge aufgehört zu fließen. Die Summe der Widerſtände, welche gegen die Wände ausgeübt werden, bei dieſer Länge von 357 Millim. iſt dann gleich der treibenden Kraft, welche ſich aus einem Drucke von $9^{mm},5$ ergibt. Es wäre von Wichtigkeit, das Geſetz dieſer Erſcheinung zu kennen. — Die Flüſſigkeiten, welche die Röhren benetzen, fließen mit derſelben Geſchwindigkeit, das Ende der Röhre mag in eine Flüſſigkeit derſelben Art eingetaucht ſein, wenn man den Druck in Rechnung zieht, oder daſſelbe mag frei ſein, ſo daß der Ausfluß in die Luft geſchieht. In den benetzten Röhren beſchleunigt die Erhöhung der Temperatur die Geſchwindigkeit in merklichem Verhältniſſe. Das Waſſer, welches z. B. in einer Glasröhre von $1^{mm},767$ Durchmeſſer und 939^{mm} Länge unter einem Drucke von 182^{mm} fließt, bewegt ſich viermal geſchwinder, wenn es nahe an ſeinem Siedepunkte ſich befindet, als wenn es in der Nähe des Eispunktes iſt. Die Temperatur der geringſten Geſchwindigkeit iſt die Temp. des Eiſes und nicht die Temp. des Maximums der Dichte. (Vergl. d. Art. *Ausdehnung* S. 110. ff.) In den Röhren, welche nicht benetzt werden können, wird die Geſchwindigkeit durch die Temperaturerhöhung nicht beſchleunigt. Unter gleichen Drucken und in Röhren von derſelben Dimenſion, nehmen die verſchiedenen Flüſſigkeiten bei derſelben Temperatur ſehr verſchiedene Geſchwindigkeiten an; das Verhältniß dieſer Geſchwindigkeiten variirt mit der Temperatur. Nach *Dubuat*, welcher zuerſt den Einfluß der Temperatur auf die Geſchwindigkeit beobachtete, hat *Gerſtner* über dieſen Gegenſtand eine große Anzahl von Beobachtungen angeſtellt, aus denen er jedoch nicht ganz mit Recht ſchließt, daß die Wärme nur dadurch die Thätigkeit der Vegetation und des Lebens erhöht, weil ſie die Circulation in den haarröhrchenähnlichen Gefäßen der Pflanzen und lebenden Körper begünſtigt.*)

---

*) Bei dieſer Gelegenheit mag auch der *anatomiſchen Injectionen* Erwähnung geſchehen. Es gibt in der Organiſation der lebenden Körper für die Circulation des Blutes oder anderer Flüſſigkeiten ſo zahlreiche und zarte Gefäße, daß auch das geübteſte Auge ihren Gang inmitten der Gewebe, durch welche ſie ſich verzweigen u. ins unendliche theilen, nicht zu verfolgen vermag. Um ſie bemerklich zu machen, hat man ſeit langer Zeit das Verfahren eingeſchlagen, verſchiedene Subſtanzen zu injiciren (einzufüllen); bald flüſſige und lebhaft gefärbte, bald Subſtanzen, welche durch die Abkühlung erſtarren. Der bequemſte Apparat zu dieſen zarten Operationen iſt der von *Duméril*. Es beſteht aus einer langen verticalen Röhre von 1

Eine Flüſſigkeit, welche in Auffatzröhren oder Röhren fließt, übt ſtets gegen ihre Wände einen geringern Druck aus, als wenn ſie in Ruhe wäre. Daniel Bernouilli drückt dieſen Druck, welcher während der Bewegung ſtatt findet, durch H — H′ aus. Um dieſe Formel zu verſtehen, betrachten wir die wirkliche Geſchwindigkeit, welche die flüſſigen Beſtandtheile in dem Schnitt perpendiculär auf die Axe der Röhre oder Auffatzröhre, für welche man den Druck berechnen will, beſeelt. Dieſe Geſchwindigkeit kommt nach dem Torricelliſchen Satze von einer gewiſſen Höhe des Niveau, welche der Werth von H′ iſt. Nehmen wir hierauf an, daß die Röhre nach demſelben Schnitte durchgeſchnitten ſei, ſo daß derſelbe offen bleibe und ſelbſt zur Ausflußmündung werde, ſo wird die Flüſſigkeit eine gewiſſe Geſchwindigkeit annehmen und der Werth von H bezeichnet den Druck, welcher im Stande ſein würde, ſie hervor zu bringen. Dieſer Werth von H iſt nicht nothwendig gleich der wirklichen Höhe des Niveau über dem Mittelpunkte des Schnittes; er kann in Folge der Zuſammenziehung etwas kleiner und in Folge des Einfluſſes der Auffatzröhren etwas größer ſein. Wenn H′ ſich gleich H findet, ſo iſt der Druck Null und die Wände erleiden durchaus keine Gewalt. Wenn H′ größer als H iſt, ſo iſt der Druck negativ, d. h. ſtatt eines Druckes gegen die Wand der Röhre wird ein wirkliches Saugen ausgeübt. Die Verſuche, durch welche man bis jetzt die Bernouilliſche Formel zu beſtätigen geſucht hat, ſind weder zahlreich noch genau genug, als daß man dieſelbe mit völligem Vertrauen anwenden könnte. Die Erſcheinung des Saugens jedoch, welches ſie anzeigt, iſt eine merkwürdige Thatſache, die keinem Zweifel unterliegt. Bernouilli ſelbſt hat ſie beobachtet, und namentlich Venturini und Hachette haben Unterſuchungen über ſie angeſtellt. Sie tritt unter folgenden Umſtänden auf. Wir haben geſehen, daß bei einer cylindriſchen Auffatzröhre, wenn der Strahl adhärirt, der Aufwand größer iſt, als durch eine Oeffnung in einer dünnen Wand von demſelben Durchmeſſer; die effective Geſchwindigkeit iſt alſo in dieſem Falle größer als die theoretiſche, und folglich H′ größer als H; welches das Phänomen des Saugens erzeugen muß. In der That, durchbohrt man die Auffatzröhre mit einer kleinen Seitenöffnung, um hier eine kleine

---

oder 2 Centimeter Durchmeſſer, welche als Reſervoir dient; einer zweiten Röhre von einigen Millim. Durchmeſſer und einigen Centim. Länge, welche an das andere Ende der erſten angepaßt iſt, um die Verbindung herzuſtellen, und aus einer Röhre von Gummi elaſticum, welche am Ende der zweiten Röhre feſtſitzt und dient, den Strahl zu leiten; endlich aus einem kleinen Schnabel am Ende der Gummiröhre, der als eine Art Trichter dient, um die Flüſſigkeit in die zarteſten Gefäße zu leiten. Dieſer kleine Schnabel iſt eine an der Lampe ausgezogene Glasröhre. Der Druck wird durch die Höhe der Flüſſigkeit in dem Reſervoir beſtimmt, und um die Ausflußgeſchwindigkeit zu modificiren, braucht man nur die Gummiröhre zwiſchen den Fingern zu drücken.

gekrümmte Röhre wie xy (Fig. 287.) einzubringen, ſo ſteigt die Flüſſigkeit im Innern der Röhre, und die Höhe der gehobenen Säule gibt das Maß des Zuges. Da der Aufwand noch größer iſt bei einer doppeltkoniſchen Aufſatzröhre (Fig. 305.), deren Dimenſionen oben angegeben wurden, ſo muß hier der Zug noch größer ſein; das Maximum deſſelben muß bei ss′ beim Schnitt des zuſammengezogenen Strahles ſein, und von dort ab muß er in dem Maße abnehmen, als man ſich dem Ende TT′ näherte. Die Verſuche von **Venturini** haben dieß vollkommen beſtätigt. Der Aufſatz (Fig. 305.) hatte 88 Lin. Länge, drei verticale Aufſteigeröhren mündeten, die erſte bei 10 Lin. vom Anfange auf dem zuſammengezogenen Schnitte, die zweite bei 36 Lin. u. die dritte bei 62 Lin., oder 26 Lin. vom Ende TT′. In der erſten ſtieg das Queckſilber bis 53 Lin., in der zweiten bis 20,5 Lin. und in der dritten nur bis 7 Lin. Dieſe Höhen entſprechen reſpective 62, 24 und 8 Waſſerzoll. Die Waſſerlaſt über der Aufſatzröhre war nur 32,5 Zoll; mithin hob die Saugekraft eine beinah doppelt ſo große Waſſerſäule, als die Höhe des Falls war. Iſt die Röhre kurz genug, ſo ergießt ſich die gehobene Waſſerſäule in die Aufſatzröhre, und miſcht ſich mit dem Waſſer, welches aus dem Reſervoir kommt, um den Ausfluß zu unterhalten. **Venturini** zeigte dieſen Apparat als ein Mittel an, das Waſſer mit geringen Koſten zu heben.

Geſetzt wir hätten ein Gefäß von cubiſcher Form, welches von ſehr leicht beweglichen Rollen getragen würde, und auf einer horizontalen Ebene, die wenig Reibung darböte, ruhte. Das mit einer Flüſſigkeit gefüllte Gefäß wird in Ruhe bleiben, weil alle Seitendrucke gleich und entgegengeſetzt ſind. Wenn man aber eine Wand durchbohrt, ſo daß die Flüſſigkeit ſeitwärts heraus ſpringt, ſo wird das Gefäß in entgegengeſetzter Richtung zurück geſtoßen werden. Dieſe Reaction hat man mit Hilfe eines Apparates bemerklich gemacht, welcher aus einer Glasröhre von einigen Millim. Durchmeſſer beſteht, und deſſen Enden man rechtwinklich u. nach entgegengeſetzten Seiten umbeugt, ſo daß die ganze Röhre ungefähr die Geſtalt eines Z annimmt. Die beiden Enden werden fein ausgezogen. In die Mitte dieſer Röhre ſchmilzt man eine zweite, welche als Behälter dient und oben offen, unterwärts geſchloſſen iſt. Hängt man nun den ganzen Apparat ſo an einem Faden auf, daß der Behälter ſenkrecht, die aus ihm auslaufenden Arme wagerecht ſtehen, und gießt Flüſſigkeit in das Reſervoir, ſo wird dieſe, indem ſie aus den Spitzen der Arme ausläuft, den ganzen Apparat in eine der Richtung der Waſſerſtrahlen entgegengeſetzte ſchnell drehende Bewewegung ſetzen. Die gewöhnliche Einrichtung dieſer **Segnerſchen hydrauliſchen Maſchine** oder **Waſſerrades** iſt Fig. 306. im Horizontaldurchſchnitt dargeſtellt. ABCDEFG ſei der Boden eines ſenkrechten, oben offenen Cylinders (z. B. von Blech), der ſich um ſeine verticalſtehende Axe (ſpitze Zapfen in Lagern) drehen läßt. Bei A, B, C... ſind an dem Boden horizontale Röhren angeſetzt, die am vordern Ende verſchloſſen ſind, unweit derſelben aber Seitenöffnungen haben, die alle nach derſelben Seite gekehrt ſind. Wenn man nun den Cylinder beſtändig mit Waſſer gefüllt erhält, welches zu den Seitenöffnungen

a, b, c . . . ausläuft, ſo wird ſich der Cylinder um ſeine Axe nach der entgegengeſetzten Richtung H, G, F . . . umdrehen. — Man hat lange Zeit auf die Auctorität Newtons angenommen, daß der Rückſtoß dieſer Art dem Gewichte einer Flüſſigkeitsſäule gleich ſei, welche zur Baſis den zuſammengezogenen Schnitt des ausfließenden Strahles und zur Höhe die Höhe des Niveau habe. Aber Daniel Bernouilli hat gezeigt, daß bei jedem Ausfluß die rückwirkende Kraft dem Gewichte einer Flüſſigkeitsſäule gleich iſt, welche zur Baſis den zuſammengezogenen Schnitt des ausfließenden Strahles und zur Höhe das Doppelte der Höhe des Niveau hat. Bernouilli ſchlug vor mit Maſchinen, welche auf dieſes Princip gegründet wären, auf den Flüſſen ſtromaufwärts zu fahren, und gegenwärtig ſieht man auf der Rhone in Frankreich eine ziemlich glückliche Anwendung deſſelben.

Auf den hier erörterten Grundſätzen beruhen eine Menge höchſt wichtiger Inſtrumente und Apparate, welche, inſofern es bei ihnen allen auf Ausgießen von Flüſſigkeiten ankommt, zu den Springbrunnen gerechnet werden können. Der Heber (ſ. d. Art.), die Pumpen (ſ. d. Art. Druckpumpen) u. a. gehören hierher.*) Folgende Apparate gehören im engeren Sinne zu den Springbrunnen.

Der Druckſpringbrunnen iſt Fig. 307. abgebildet. V iſt ein Gefäß von Kupfer mit ſehr feſten Wänden; T eine Röhre, welche mit dem Hahne R ein Ganzes ausmacht. Dieſe beiden Stücke ſind gelöthet und ihre Verbindung läßt ſich auf den Hals des Gefäßes V ſchrauben; j iſt der Ausfluß-Aufſatz, welcher über den Hahn R geſchraubt wird. Von der Größe deſſelben hängt der Durchmeſſer des Strahles

*) Erwähnung verdient noch ein Pumpenwerk, bei welchem der Kolben der gewöhnlichen Pumpen durch eine elaſtiſche Membrane (Fig. 308.) erſetzt iſt. Dieſelbe iſt in dem Gefäße mit ihrem Rande ringsum befeſtigt und hat in der Mitte ein Ventil von Metall s'. Ein zweites Ventil s befindet ſich über der Mündung der Röhre, welche in den Waſſerbehälter reicht, welcher die Pumpe ſpeiſt, und durch die obere Röhre, aus welcher das Waſſer abfließt, geht eine Stange t bis über das Ventil s', ſo daß die Membrane an ihr feſtſitzt. Zieht man dieſe Stange herauf, ſo hat die Membrane die in der Zeichnung ausgeführte Stellung, während bei herabgedrückter Stange die Stellung der Membrane die in der Figur nur angedeutete iſt. Geht nun die Stange in die Höhe, ſo hebt ſich das Ventil s, während s' geſchloſſen bleibt und es tritt durch den Druck der Atmoſphäre Waſſer über s bis zu s', geht dann die Stange herab, ſo wird s geſchloſſen und das zwiſchen s und s' eingeſchloſſene Waſſer drückt das Ventil s' auf und erhebt ſich über die Membrane. Bei Wiederholung des Ganges der Stange hebt ſich das Waſſer immer höher in der obern Röhre und fließt endlich aus. Eine derartige Pumpe dient in den Lampen von Gotten zu Hebung des Oeles. Man gibt ihr dann die in Fig. 309. dargeſtellte Einrichtung. corr ſtellt den verticalen Durchſchnitt eines kleinen kupfernen Kaſtens dar, der durch die Scheidewand ll in zwei Theile getheilt iſt. Der

ab; n n′ iſt das Niveau des Waſſers im Gefäße. An die Stelle des Aufſatzes über dem Hahn R wird zuerſt eine Compreſſionspumpe (ſ. d. Art. Compreſſionsmaſchine) gebracht, und damit die Luft in dem Raume n A n′ zuſammengepreßt. Nachdem auf dieſe Weiſe die Fontaine geladen, nimmt man die Pumpe hinweg, ſchraubt den Aufſatz auf, dreht den Hahn und alsbald ſpringt die Flüſſigkeit zu einer bedeutenden Höhe empor: bis zu 30 Fuß, wenn die Luft nur auf 30 Atmoſphären zuſammengedrückt war, bis auf 100 Fuß, wenn die Zuſammendrückung 5 oder 6 Atmoſphären betrug. Man hat kleinere unter dem Namen Heronsbälle bekannte Apparate, welche aus Glas oder Metall beſtehen, und übrigens mit dem oben angegebenen Apparate völlig übereinſtimmen. Um Waſſer in ſie zu bringen, verdünnt man erſt die Luft in dem Gefäße, entweder indem man es mittels der Luftpumpe exantlirt, oder indem man es erwärmt (auch wohl bloß mit dem Munde die Luft ausſaugt). Hierauf taucht man die Spitze unter Waſſer, welches nun durch den äußern Luftdruck in das Gefäß getrieben wird, bis die Luft im Innern wieder eine gleiche Dichtigkeit mit der atmoſphäriſchen Luft hat. Endlich kann man ebenfalls mit Hilfe der Luftpumpe die Luft im Innern des Gefäßes comprimiren, um nachher das Springen des Waſſers zu bewirken, oder man kann das Gefäß über Kohlen oder über eine Weingeiſtlampe ſetzen, um durch die Ausdehnung der Luft, welche die Wärme bewirkt, das Waſſer zum Springen zu bringen.

Die intermittirende Fontaine iſt Fig. 310. abgebildet. R iſt der Waſſerbehälter, j j′ ſind Aufſatzröhren, von denen die Figur nur 2 zeigt; T iſt die Druckröhre; ihr oberes Ende erhebt ſich über das Niveau des Waſſers im Behälter; P iſt der Fuß der Fontaine. Hier befindet ſich das Geheimniß des Intermittirens. Man unterſcheidet hier einen runden Ausſchnitt c am untern Ende der Röhre und eine Oeffnung v, durch welche das Waſſer vom erſten Boden nach dem zweiten geht. Wenn der Ausſchnitt entblößt iſt, ſo geht die Luft in die Röhre und drückt mit der Gewalt einer Atmoſphäre auf die Oberfläche des Waſſers im Behälter; wenn der Ausſchnitt unter das Waſſer getaucht iſt, welches ſich über dem oberen Boden anſammelt, ſo kann die Luft nicht mehr durch die Röhre eintreten, der Druck im Behälter

---

Theil zur Rechten iſt ſeiner Länge nach in drei bis vier kleine Abtheilungen, ähnlich den in der Figur dargeſtellten, getheilt. Eine ſehr feine Haut wird mittels des Drahtes F abwechſelnd gehoben und niedergedrückt. Wenn ſie ſich hebt, ſo tritt das Oel des Behälters R durch das Ventil s; wenn ſie ſich ſenkt, ſo tritt das Oel durch das Ventil s′ und ſteigt allmählig in der Abführungsröhre T in die Höhe. Drei Abtheilungen oder drei Pumpen reichen hin, die Bewegung des Oels in der Röhre T gleichmäßig und ununterbrochen zu erhalten, wenn zugleich die eine im Anfange, die zweite in der Mitte, die dritte am Ende ihrer Bewegung iſt. Ein Uhrwerk unterhält den Gang der drei Pumpen.

nimmt allmählig ab. Die Aufſatzröhren jj′ können mit dem Waſſer der Fontaine in Verbindung ſtehen oder auch nicht, jenachdem man die Zwinge, an welche ſie befeſtigt ſind, nach der einen oder nach der anderen Richtung dreht. So wie die Verbindung hergeſtellt iſt, ergießt ſich das Waſſer durch die Aufſatzröhre, fällt auf den erſten Boden und häuft ſich über der Oeffnung v an. Dieſe läßt weniger Waſſer durchgehen, als die Aufſatzröhren liefern, das Niveau ſteigt immer höher über derſelben, ſetzt endlich den Ausſchnitt e unter Waſſer, ſchneidet dadurch den Luftzutritt in den Behälter R ab. Der Druck in dieſem nimmt ab und iſt bald ſo gering, daß aus den Aufſatzröhren jj′ kein Waſſer mehr ausläuft. Damit tritt aber auch kein Waſſer mehr über den obern Boden des untern Gefäßes, und das in demſelben noch enthaltene fließt durch v ab, ſo daß ſein Niveau unter e ſinkt, neue Luft in dem Behälter R gelangen und neues Auslaufen des Waſſers aus den Aufſatzröhren bewirken kann. Man begreift, daß auf dieſe Weiſe das Waſſer abwechſelnd laufen und ſtocken muß, je nachdem der Ausſchnitt e bedeckt iſt oder nicht. Die natürlich vorkommenden intermittirenden Quellen (ſ. d. Art.) können auf einem ähnlichen in der Natur vorkommenden Apparate beruhen.

Aus dem Alterthume bekannt iſt der **Heronsbrunnen**. Dieſer Apparat (Fig. 311.) beſteht aus drei Gefäßen, einem oberen offenen S, einem mittleren M und einem untern J; und drei Röhren, von denen die erſte si vom Boden des obern Gefäßes nach dem Boden des untern geht, die zweite im vom obern Theile des untern Gefäßes bis in die Höhe des mittleren Gefäßes reicht, und die dritte ms vom Boden des mittleren Gefäßes bis zu 2 oder 3 Decim. über das obere Gefäß ſich erhebt. Die dritte Röhre bildet den Strahl des Heronsbrunnens. Durch das Mundſtück B, welches nachher verſchloſſen wird, bringt man Waſſer in das mittlere Gefäß M. Eben ſo bringt man Waſſer in das offene Gefäß S, öffnet den Hahn r der Sprungröhre, und die Flüſſigkeit ſpringt bis zu einem Punkte empor, welcher der Theorie nach ſo hoch über dem Niveau des mittlern Gefäßes iſt, als das Niveau des obern Gefäßes über dem Niveau des untern iſt. In der That iſt dieſer der Druck, unter welchem die Luft im untern und mittlern Gefäße ſteht. Der Verlauf des Phänomens iſt nämlich der, daß das Waſſer aus dem offenen Gefäße S durch si nach J gelangt, hier durch die Flüſſigkeitsſäule si die Luft zuſammengedrückt wird, welcher Druck ſich durch im nach dem Gefäße M fortpflanzt u. in dieſem das Waſſer endlich durch ms empor treibt. Noch einfacher iſt der aus Glas geblaſene Heronsbrunnen Fig. 312., welcher den Gang deſſelben ſehr überſichtlich darſtellt.

Zwei als Spielerei häufig conſtruirte Springbrunnenapparate beſchreibt **Muncke**. Der eine beſteht aus zwei über einander befindlichen, überall verſchloſſenen Gefäßen von Blech, das untere CDEF (Fig. 313.) beträchtlich größer, das obere ACDB mit einem Sprungrohre KL verſehen, welches unten bis faſt auf den Boden herabreicht. Wird das untere Gefäß erhitzt, ſo ſteigt die ausgedehnte Luft durch die Röhre HG in das obere, drückt gegen das vorher eingefüllte Waſſer, und erzeugt

ſo einen kleinen Springbrunnen. Wolf gibt auch eine Conſtruction an, wonach, wie beim Heronsbrunnen, zwei Gefäße durch Röhren mit einander verbunden ſind, und das Waſſer aus dem untern aufſpringt, wenn die Luft im obern durch Lichter erwärmt wird. Man gibt dieſem Apparate meiſtens die Geſtalt eines Tempels, ſo daß der Boden und die Kuppel die beiden Gefäße bilden, in einer der Säulen aber die Röhre herabgeht, welche die erhitzte Luft zuführt. Der zweite Apparat, welcher dazu dient, eine Feuerfontaine zu bilden, iſt nur ſelten von Blech, meiſtens von Glas, und liefert dann allerdings, namentlich, wenn er etwas größer iſt, ein ſehr ſchönes Schauſpiel, kann aber leicht wegen des Zerſpringens gefährlich werden, und wird jetzt ſelten noch in den Cabinetten gefunden. Die Zeichnung Fig. 314. gibt die Conſtruction deutlich an. Auf einem hölzernen oder metallenen Fuße iſt eine Kugel, die man vorher mit (rothgefärbtem) Weingeiſt gefüllt und dann verkorkt hat, umgekehrt mit ihrem verlängerten Halſe aufgeſteckt. Aus der Mitte des Halſes gehen die beiden aufwärts gebogenen, an den Enden in Spitzen ausgezogenen Röhren hervor. Für gewöhnlich hindert der Luftdruck das Ausfließen des Weingeiſtes, zündet man aber die aus den Spitzen dringenden Tropfen an, ſo wird die Kugel erhitzt, es bilden ſich Dämpfe, die den Weingeiſt aufſpringen machen, welcher brennend die Kugel noch ſtärker erhitzt, ſo daß zwei anſehnlich hoch ſpringende, brennende Weingeiſtſtrahlen zwei eigentliche Feuerfontainen geben.

Ueber natürlich vorkommende Springbrunnen ſiehe den Art. Quellen.

Sprungkegel. Wenn man einen Trichter mit der weiten Mündung nach unten kehrt, auf die enge Mündung den Finger legt, hierauf ihn in Waſſer einſenkt, bis nur noch wenig von der Spitze hervorragt und nun endlich den Finger ſchnell abhebt, ſo wird aus der Oeffnung deſſelben ein kurzer Waſſerſtrahl herausgeſtoßen. Beim Einſenken des Trichters kann nämlich wegen des auf die Mündung gehaltenen Fingers die Luft aus dem Innern deſſelben nicht entweichen, es erlangt alſo das Waſſer in ihm nicht das Niveau des ihn umgebenden Waſſers. Wird aber hierauf der Finger abgehoben, ſo ſteigt das Waſſer ſchnell in ihm empor, ſtrebt aber nun durch die ſchnelle Bewegung eben ſo hoch über das Niveau des umgebenden Waſſers zu ſteigen, als es vorher unter demſelben ſtand. Die hier eintretende Schwankung iſt ganz der bei allen übrigen oscillatoriſchen Bewegungen (z. B. am Pendel, ſ. d. Art.) zu vergleichen. Die Trichterform iſt darum für das eingeſenkte Gefäß zu wählen, weil ſie das Springen des Strahles begünſtigt; noch geeigneter ſind diejenigen koniſchen Formen, welche der Erfinder des Sprungkegels Parrot angegeben hat. Er wählte namentlich drei Formen des Apparates (Fig. 315.). Die erſte iſt entweder ein gewöhnlicher, durchaus koniſcher Trichter, oder ein ſolcher, welcher nach Angabe der Zeichnung oben am ſtärkſten koniſch zuläuft. Es iſt übrigens aus leicht begreiflichen Gründen keineswegs erforderlich, daß das obere Ende genau koniſch ſei, als ob der Durchmeſſer der aufſteigenden Waſſermaſſe ſtets gleichmäßig verringert werden müßte, vielmehr genügt

jede anderweitige konoidiſche Geſtalt. Dieſes ergibt ſich am beſten daraus, daß ein Cylinder oder beſſer ein abgekürzter Kegel, deſſen beide Flächen an Größe nicht ſehr verſchieden ſind, oben mit einer Platte bedeckt, in deren Mitte ſich die geeignete Oeffnung befindet, die Erſcheinung gleichfalls zeigt. Daß übrigens durch die konoidiſche Geſtalt des obern Theiles dieſes Apparats die Wirkung verſtärkt werde, geht aus den Reſultaten hervor, die Parrot aus ſeinen Verſuchen erhalten hat. Hiernach gibt eine 12 Z. lange und 2,5 Z. weite cylindriſche Röhre, deren Platte eine Oeffnung von 6 Lin. hat, ganz ins Waſſer getaucht, eine Sprunghöhe von 9 Fuß, ein abgekürzter Kegel aber von 2,5 Z. und 6 Lin. Durchmeſſer der beiden Oeffnungen bei 12 Z. Höhe gleichfalls nur 9 Fuß, ein oben konoidiſch geſtalteter Kegel dagegen von gleicher Höhe und 2,5 Z. unterer und 6 Lin. oberer Oeffnung, wie die Zeichnung ihn darſtellt, gibt einen Strahl von etwa 15 Fuß Höhe. Eine ſinnreich ausgedachte Abänderung dieſes Apparats Fig. 316. endlich erhält man, wenn man einen oben verſchloſſenen Sprungkegel mit einer kurzen Anſatzröhre verſieht, die mit dem Horizonte einen Winkel von 45° bildet. Bei übrigens gleichen Dimenſionen und 5 Lin. Weite des Ausgußröhrchens erreichen die äußerſten Tropfen des ſchrägen Strahles eine Weite von 13 Fuß, welches einer verticalen Fallhöhe von 6,5 Fuß zugehört. Vergl. d. Art. Springbrunnen u. Stoßheber.

Steine vom Himmel von verſchiedener Größe fallen zuweilen begleitet von einem ſtark krachenden, donnerähnlichen Getöſe und einer Feuererſcheinung herab, wobei der Stein auf ſeiner Oberfläche ſo ſchnell verglaſt wird, daß ſein Inneres vor der verändernden Einwirkung der Hitze geſchützt bleibt. Gewöhnlich zerſpringt dadurch der Stein während ſeines Falles und die Stücke werden ziemlich weit umher geſchleudert. Ueberlieferungen von Steinfällen gab es aus alter und neuerer Zeit, aber die Naturforſcher glaubten nicht an das Phänomen, bis zuerſt am 16. Juni 1794 zu Siena und am 13. Decbr. 1795 zu Woodcottage in Yorkſhire ein Steinfall ſich ereignete, der ſo conſtatirt war, daß jeder Zweifel unmöglich wurde. Schon in der Oſtermeſſe 1794 war aber ein Werk von Chladni erſchienen, in dem Nachrichten von Meteorſteinen zuſammengeſtellt und die Richtigkeit der Thatſache behauptet wurde, daß zuweilen Steine vom Himmei fielen. Unterſuchungen von Howard beſtätigten Chladni's Behauptungen. Am 26. April 1803 zu l'Aigle im franzöſiſchen Departement de l'Orne wurden ein paar Tauſend Steine über eine gewiſſe Fläche ausgeſtreut und eine große Anzahl von Augenzeugen beſtätigte die Wahrheit des Phänomens. Die pariſer Akademie übertrug Biot die Unterſuchung am Orte der Erſcheinung ſelbſt, welche die Sache mit allen ſchon früher überlieferten Nebenumſtänden völlig außer Zweifel ſetzte. Ueber den Urſprung dieſer Körper wurde viel geſtritten. Einige hätten ſie gern für Auswürflinge irdiſcher Vulkane angeſehen, aber ihre Structur ſprach gegen eine ſolche Entſtehung, andere meinten daher, ſie wären in der Luft entſtanden, aber Berzelius erinnert, daß wir weder

wiſſen, ob die Beſtandtheile der Meteorſteine in Luftform exiſtiren können, noch ob ſie aus den gewöhnlichen Beſtandtheilen der Luft zuſammengeſetzt ſind, und überdieß hätten mehre Meteorſteine eine ſo große Maſſe gehabt, daß ihre Bildung in der Atmoſphäre unmöglich in der kurzen Zeit des Falles durch die Luft vor ſich gehen konnte, beſonders da nothwendiger Weiſe der Fall ſchon bei Abſetzung des erſten feſten Theilchens hätte beginnen müſſen. Sehr achtbare Phyſiker leiten daher den Urſprung der Meteorſteine vom Monde ab. **Berzelius** führt für dieſe Anſicht Folgendes an: „**Anaxagoras** vermuthete von einem zu ſeiner Zeit bei Aegos Potamos gefallenen Steine, daß er von einem andern Weltkörper ausgeworfen worden ſei. Dieſe Anſicht ſchließt vermuthlich die Wahrheit ein, und iſt auch durch die Forſchungen unſerer Zeit unterſtützt worden. **Olbers** äußerte im Jahre 1795 in einem Bericht über den am 16. Juli 1794 zu Siena in Italien geſchehenen Meteorſteinfall die Idee, daß dergleichen Steine vom Monde ausgeworfen ſein könnten, hielt es aber doch für wahrſcheinlicher, daß ſie aus dem Veſuv herſtammten. Im Jahr 1802 ſprach **Laplace**, auf Veranlaſſung der Arbeit von **Howard**, dieſelbe Idee aus, mit dem Zuſatz, die Feuererſcheinung entſpringe aus der Zuſammendrückung der Luft, in Folge der unendlichen Geſchwindigkeit, mit welcher der Meteorſtein in die Atmoſphäre eindringe, welche aber durch den Widerſtand der Luft ſo verringert werde, daß der Fall zuletzt nur mit der gewöhnlichen Fallgeſchwindigkeit geſchehe. — Die uns zugewandte Seite des Mondes iſt voller Höhen und darunter finden ſich viele Berge, die den mit Kratern verſehenen Vulkanen unſerer Erde ganz ähnlich gebildet ſind, und dabei ſo große Dimenſionen haben, daß man mit guten Fernröhren in die Krater ſehen und ſehr wohl unterſcheiden kann, daß die eine Hälfte der Innenſeite von der Sonne beleuchtet und die andere beſchattet iſt, während der Ring, welcher den Krater bildet, hervorſteht. Dieß läßt vermuthen, daß dieſe Berge ihre Form durch dieſelbe Urſache wie die auf der Erde erhalten haben, d. h. durch Eruptionen. Wenn aber die Kraft, welche auf dem Monde Eruptionen hervorbringt, eben ſo groß iſt als die Wurfkraft der irdiſchen Vulkane, ſo müſſen ſich die geworfenen Körper bedeutend weiter von dem Monde entfernen als von der Erde; denn erſtlich iſt die Maſſe des Mondes nur 1,45 Procent von der der Erde, u. damit ſteht auch die Schwere auf dem Mond im Verhältniß; zweitens hat der Mond keinen Luftkreis oder wenigſtens einen ſo lockern, daß bei Fixſternbedeckungen durch den Mond keine Strahlenbrechung darin wahrnehmbar iſt. Der Auswurf geſchieht folglich in einen luftleeren Raum, ohne einen ſolchen mechaniſchen Widerſtand für die Bewegung der geworfenen Körper, wie ihn die Atmoſphäre der Erde darbietet, wo der Körper daher bald zur Ruhe kommt. Wenn drittens der Auswurf gegen die Erde gerichtet iſt, ſo nimmt die Anziehung der Erde zu dem geworfenen Körper beſtändig zu, während die des Mondes ſtetig abnimmt. Und viertens liegt die Gleichgewichtsgrenze zwiſchen der Erde und dem Monde bedeutend näher am letzteren. **Biot** gibt an, daß eine Wurfkraft von 7771 pariſer Fuß in der Secunde dieſe Grenze erreiche; mit einem geringen Kraftüberſchuſſe

wird der Körper dieſelbe überſteigen und dann auf die Erde fallen müſſen. Dieſe Geſchwindigkeit iſt fünf bis ſechs Mal größer, als die einer 24pfündigen Kanonenkugel beim Austritt aus der Kanone, und wird von der Wurfkraft unſerer Vulkane übertroffen. Die Berechnungen, welche ſowohl Olbers als Poiſſon hierüber angeſtellt haben, zeigen, daß die Idee eine phyſiſche Möglichkeit einſchließt. — Verſchiedene Umſtände bei den Meteorſteinen paſſen wohl zu dem, was wir glauben von dem Monde zu wiſſen. Die Meteorſteine ſind durchſetzt mit metalliſchem Eiſen, welches, wenn der Stein mit lufthaltigem Waſſer befeuchtet wird, allmählig zu Eiſenoxydhydrat roſtet, wie es unter gleichen Umſtänden mit den Mineralien der Erdkruſte der Fall iſt. In ihrer urſprünglichen Lagerſtätte mangelt alſo Luft, oder beides, Luft und Waſſer. Auch haben aſtronomiſche Unterſuchungen keine Spur von ſo großen Waſſeranſammlungen auf dem Monde gefunden, daß ſie mit guten Fernröhren zu entdecken wären. Ich weiß nicht, daß man in den Meteorſteinen chemiſch gebundenes Waſſer gefunden habe. — Sehr genaue chemiſche Unterſuchungen (von Berzelius) haben gezeigt, daß die meiſten Meteorſteine einander in der Zuſammenſetzung ſo ähnlich ſind, daß man ſie als von demſelben Berg herrührend anſehen kann, während nur wenige von abweichender Beſchaffenheit gefunden wurden. So weit es zuläſſig iſt, aus den Verhältniſſen auf der Erde einen Schluß zu ziehen, kann man die übrigen Weltkörper auch gar nicht als homogene Gemenge von Mineralien anſehen, vielmehr hat die Geſchichte ihrer urſprünglichen Bildung ſicher viele Aehnlichkeit mit der Geſchichte der der Erde. Die Felsarten aus verſchiedenen Gegenden eines anderen Weltkörpers werden alſo in der Zuſammenſetzung verſchieden ſein können. — Der Mond kehrt der Erde beſtändig dieſelbe Seite zu. Der Mittelpunkt ſeiner ſichtbaren Scheibe macht folglich deren beſtändig uns zugewandten Gipfel aus, deſſen Eruptionen ihre Projectile am leichteſten über die Gleichgewichtslinie hinauswerfen, und folglich müſſen die auf die Erde fallenden Meteorſteine, angenommen, daß ſie vom Monde kommen, in größter Zahl von hier ab ausgeworfen worden ſein. Sie können folglich einem ganz beſchränkten Gebirgszuge angehören, und dann läßt ſich ihre große Gleichheit im Anſehen und in der Zuſammenſetzung leicht begreifen. Die Auswürflinge von Eruptionen, welche ſeitwärts dieſes Gipfels geſchehen, fliegen in einer nicht mehr direct gegen die Erde gerichteten Linie fort, und müſſen alſo ſeltener in den Anziehungskreis der Erde gelangen. Wenn die Bergarten dieſer Gegenden verſchieden ſind von denen auf dem Gipfel der uns zugewandten Mondshälfte, ſo ſieht man leicht ein, daß uns von daher Meteorſteine von anderer als der gewöhnlichen Beſchaffenheit zukommen müſſen, zugleich aber auch, daß dieß vergleichsweiſe ſelten geſchehen müſſe. Darf man annehmen, daß der uns zugewandte Mondſcheitel ſo mit Nickeleiſen durchſetzt iſt, als es die Meteorſteine ſind, und daß die übrigen Theile, oder wenigſtens die beſtändig von der Erde abgewandte Halbkugel, wenig oder gar nichts davon enthalten, ſo würde daraus folgen, daß der Mond, wenn auf ihn die Erde, außer ihrer allgemeinen, von der Schwere herrührenden Anziehung, noch eine magnetiſche Anziehung aus-

übte, den eiſenreichſten Theil ſeiner Kugel gegen die Erde wenden müſſe, und daß daraus die wunderbare Erſcheinung entſtehe, daß der Mond uns unverwandt die nämliche Seite zukehrt. — Es iſt jedoch auch möglich, daß die Meteorſteine von einem andern kosmiſchen Orte herkommen. Olbers äußerte bekanntlich die Vermuthung, daß die kleinen Planeten zwiſchen Mars und Jupiter Stücke eines zerſprungenen Planeten ſein könnten, in Folge welcher Vermuthung mehre dergleichen Stücke geſucht wurden, und Olbers ſelbſt eines derſelben fand. Wenn eine ſolche Kataſtrophe ſtatt fand, was durch den bedeutenden Winkel, welchen die Bahn der Pallas mit den Bahnen der übrigen Planeten macht, beſtätigt zu werden ſcheint, ſo muß eine unendliche Menge kleiner Stücke umhergeſchleudert worden ſein, in Richtungen, daß ſie um die Sonne abnehmende Bahnen beſchreiben, wodurch ſie dann leicht auf ihrem Wege in die Attractionsſphäre anderer Planeten gerathen und auf ſie niederfallen. Man hat auch vermuthet, die Materie des Weltalls befinde ſich zum Theil in einer noch nicht geordneten Bewegung und die Meteorſteine ſeien ſolche mehr oder weniger große Maſſen, welche zuweilen in die Attractionsſphäre der Erde gerathen; allein dieſe Vermuthung iſt von allen die wenigſt wahrſcheinliche. Das Weltſyſtem ſcheint von der beſtimmteſten Ordnung zu zeugen, und überdieß wird nach dieſer Vermuthung die identiſche Beſchaffenheit der Meteormaſſen noch weniger begreiflich.“

Es muß für den Naturforſcher von dem höchſten Intereſſe ſein, Körper, welche, woher ſie auch ihren Urſprung ableiten, doch gewiß nicht von der Erde abſtammen, ihrer Natur nach näher kennen zu lernen. Ein großer Theil der auf der Erde allgemeiner vorkommenden Stoffe iſt auch in den Meteorſteinen aufgefunden worden und es iſt ſogar geglückt zu beſtimmen, in welchen chemiſchen Verhältniſſen ſie darin enthalten ſind. Es ſcheint hiernach, wenn die Meteorſteine Bruchſtücke anderer Weltkörper ſind, daß dieſe von derſelben Natur wie unſere Erde ſind.

Die intereſſante Abhandlung, in welcher Berzelius die angeführte Vermuthung über das Weſen der Meteorſteine äußert, wurde durch eine an denſelben ergangene Aufforderung veranlaßt, den am 25. Novbr. 1833 6½ Uhr Abends in der Nachbarſchaft von Blansko in Mähren gefallenen Meteorſtein zu unterſuchen. Derſelbe bildete wie gewöhnlich ein ſtark leuchtendes Feuerphänomen und ſeinem Falle ging ein donnerähnliches Getöſe voran. Der Bergamtsdirector Reichenbach, welcher ſich damals auf dem Felde befand und Zeuge des Meteors war, ſtellte hernach mit einer ſtarken Mannſchaft eine Aufſuchung der gefallenen Maſſe an, und dadurch glückte es endlich, kleine Stücke zum Belauf von etwa einem halben Pfunde aufzufinden, die Hauptmaſſe wurde jedoch wegen der waldigen Beſchaffenheit der Gegend nicht gefunden. Berzelius hat ſowohl dieſen als eine Menge anderer Meteorſteine, in deren Beſitz er ſich befand, chemiſch unterſucht und beſchrieben. Was das äußere Anſehn dieſer Meteorſteine betraf, ſo wichen ſie vielfach von einander ab. Der Meteorſtein von Blansko gehört zu den am häufigſten vorkommenden und könnte neben einen der-

ſelben gelegt, z. B. neben den von Benares, l'Aigle, Berlongville u. ſ. w. von ihm nicht unterſchieden werden. Die Beſchreibung dieſer Steine iſt folglich übereinſtimmend. Er hat die gewöhnliche äußerlich geſchmolzene Rinde, eine hellgraue, etwas rothfleckige feinkörnige Bruchfläche, die hie und da runde Kügelchen von gleicher Farbe mit dem Steine zeigt; letztere können aufgelöſt werden und hinterlaſſen dann eine glatte Höhlung. Er enthält viel Nickeleiſen und ſehr wenig Schwefeleiſen, in feinen Partieen überall eingeſprengt und dadurch zeigt er glänzende Punkte, von denen einige in einer gewiſſen Richtung röthlich erſcheinen, jedoch nichts anderes als angelaufenes Nickeleiſen ſind. Zerſtößt man den Stein zu einem groblichen Pulver, ſo kann das Nickeleiſen mit einem Magnet ausgezogen und unter Waſſer von der ſichtlich anhängenden Steinſubſtanz abgewaſchen werden, ſo daß die Eiſentheilchen beinahe ſilberweiß zurückbleiben. Unter einem zuſammengeſetzten Mikroſkop kann man mit Deutlichkeit keine anderen Beſtandtheile unterſcheiden als ein weißes ſplitteriges Mineral, welches durchſcheinend zu ſein ſcheint und bei den Roſtflecken gelblich iſt; und die metalliſchen kantigen Körner. Daſſelbe iſt der Fall, wenn man das gröbliche Pulver des Minerals unter dem Mikroſkop betrachtet.; allein dann ſind ſeine Theile durchſichtiger.

Der Meteorſtein von Chantonnay, welchen Berzelius unterſuchte, fiel unter den gewöhnlichen Erſcheinungen einer Feuerkugel und unter einem donnerähnlichen Getöſe um 2 Uhr Morgens am 5. Aug. 1812 nicht weit von Chantonnay im franz. Dep. Vendée, und ward an demſelben Tage von dem Pächter des Gutes la haute Révetisor auf einem Felde in der Nähe ſeines Wohnhauſes aufgefunden. Er war drittehalb Fuß tief in die Erde eingedrungen und roch noch ſtark nach Schwefel. Er wog 69 Pfund und beſaß eine viel größere Härte und Cohäſion als gewöhnlich die Meteorſteine, ſo daß er am Stahl Funken gab. Seine Bruchfläche hatte eine dunklere Farbe als gewöhnlich die Meteorſteine und an einigen Stellen war ſie ganz ſchwarz. Die umgebende verglaſte Rinde war weniger ſchwarz und zuweilen dunkel graurоth.

Der Meteorſtein von Lontalax fiel am 13. Dec. 1813 in der Nähe des Dorfes Lontalax im Kirchſpiel Savitaipals im Län Wiborg in Finnland. Ein großer Theil der Stücke fiel auf das Eis, von wo ſie aufgehoben wurden. Nach Nordenſkiölds Angabe enthält dieſer Meteorſtein folgende Gemengetheile: 1) Ein hell olivengrünes Mineral, welches ſich vor dem Löthrohre wie Olivin verhält, nur in geringer Menge vorkommt und nicht größer iſt als ein Stecknadelknopf. 2) Ein hell klares, weißes, blättriges Mineral, welches auf der Oberfläche kryſtalliniſch ausſieht und leicht zerbröckelt. 3) Schwarze, dem Magnet folgſame Punkte. 4) Ein aſchgrauer, wenig zuſammenhängender Stoff, welcher ohne Aufſchwellen zu einer ſchwarzen Kugel ſchmilzt und die reichlichſte Maſſe des Steines ausmacht. Auswendig iſt er von einer ſchwarzen Schlackenrinde umgeben. Berzelius beſaß von der aſchgrauen Hauptmaſſe nichts. Das von ihm zur Analyſe angewandte Stück beſchreibt er näher wie folgt: „Es iſt im Vergleich mit gewöhnlichen

Meteorſteinen weiß, neben weißen Mineralien aber graulich, kaum merklich ins Grüne fallend. Hie und da ſind ſchwarze Punkte eingeſprengt, welche dem Magnet folgen und ſich in Salzſäure ohne Geruch nach Schwefelwaſſerſtoffgas und ohne Gasentbindung zu einer dunkelgelben Flüſſigkeit auflöſen, woraus alſo folgt, daß ſie aus Eiſenoxydduloxyd oder Magneteiſenſtein beſtehen. Es iſt übrigens ein Aggregat von Theilen, welche ohne gerade kryſtalliſirt zu ſein, doch kryſtalliniſches Gefüge haben, und ſo locker zuſammenhängen, daß der Stein ſich mit Leichtigkeit zerbrechen läßt. Die Brocken, die dabei abfallen, gleichen ſehr dem zarten Pulver von glaſigem Feldſpath, was Nordenſkiöld auf die Vermuthung brachte, ſie ſeien Leucit.''

Der Fall des Meteorſteines vor Alais in Frankreich ereignete ſich am 15. März 1806 um 5½ Uhr Nachmittags. Es wurden zwei Knalle gehört und es fielen zwei Steine nieder, der eine bei St. Etienne de Lolm und der andere bei Valence, beides Dörfer, jenes 4½, dieſes 2 Lieues von Alais entfernt. An beiden Orten wurde der Fall von glaubwürdigen Perſonen bezeugt, welche die Steine aufläſen. Der erſte wog 8, der letztere ungefähr 4 Pfund. Sie zerſprangen beim Fall. Dieſer Stein iſt von allen anderen verſchieden. Er gleicht einem verhärteten Thon und zerfällt im Waſſer mit Thongeruch. Seine Farbe iſt ſchwarz, etwas ins Graue fallend, mit dichten, weißen Punkten oder einem Anfluge; dabei iſt er leicht zerbrechlich und zerbröckelt ſchon zwiſchen den Fingern. Gerieben mit dem Nagel oder einem anderen glatten Körper nimmt er Politur an, wie es oft mit Thonarten der Fall iſt. In Waſſer gelegt zerfällt er nach einigen Augenblicken zu einem graugrünen Brei von einem ſtarken Thongeruch mit einem nicht unangenehmen Nebengeruch von friſchem Heu. Geſchlemmt und ſodann getrocknet hat das Pulver eine aus Schwarz, Grün und Braun zuſammengeſetzte Farbe. Nach der von ihm angeſtellten Analyſe meint Berzelius, dieſer Meteorſtein könne für nichts anderes als für einen Erdklumpen gehalten werden, und zeige, daß die Bergarten in ſeiner Heimath durch einen geologiſchen Proceß in Erde verwandelt werden, wie es auf unſerem Planeten der Fall iſt. Der Umſtand, daß darin metalliſches Eiſen, Schwefeleiſen, nebſt den Oxyden von Nickel, Kobalt, Zinn, Kupfer und Chrom enthalten ſind, zeige, daß dieſe Erde aus der gewöhnlichen Meteorſteinmaſſe, welche hier hauptſächlich Meteor=Olivin iſt, gebildet worden ſei. Es leidet, ſagt Berzelius, folglich keinen Zweifel, daß der unterſuchte Stein, ungeachtet aller ſeiner Verſchiedenheiten im Aeußern ein Meteorſtein iſt, welcher, aller Wahrſcheinlichkeit nach, aus der gewöhnlichen Heimath der Meteorſteine herſtammt.

Die berühmte Meteormaſſe, welche durch Pallas in Europa bekannt geworden, lag auf dem Kamm eines Schieferberges in einer Gegend von Sibirien zwiſchen Krasnojarsk und Abekansk. Die Einwohner ſahen ſie für ein vom Himmel gefallenes Heiligthum an und die Volksſage bewahrte das Andenken von dieſem Falle auf, obgleich alle hiſtoriſchen Nachrichten darüber fehlten. Pallas ſchätzte ihr Gewicht auf 1600 Pfund. Gegenwärtig möchte ſie, meint Berzelius, wohl gänzlich unter die öffentlichen und privaten Mineralienkabinette

vertheilt ſein. Dieſe ungewöhnliche Meteormaſſe beſtand hauptſächlich aus einem Skelett von Eiſen, ähnlich einem wohlausgegohrenen Brote, deſſen runde und dichte Höhlungen mit grünlichem glasklaren Olivin ausgefüllt waren. (S. S. 598.)

Ueber den Fall der Meteoreiſenmaſſe von Ellbogen iſt keine hiſtoriſche Nachricht vorhanden; allein ihre Aufbewahrung ſeit unbekannter Zeit auf dem Rathhauſe der Stadt Ellbogen deutet darauf hin, daß ihr Fall beobachtet worden iſt, und dieß Veranlaſſung gegeben hat, ſie in Sicherheit zu bringen. Der ihr vom Volke gegebene Name: der verwünſchte Burggraf ſcheint darauf hinzuweiſen, daß ſie innerhalb des ziemlich kurzen Zeitraums, wo Ellbogen von Burggrafen regiert wurde, um den Anfang des 15. Jahrh., niedergefallen iſt. Jetzt wird ſie in Wien aufbewahrt.

Aus allen ſeinen chemiſch-analytiſchen Unterſuchungen ſchließt nun Berzelius, daß die Meteorſteine Bergarten ſind, gemengt aus mehren Mineralien in variirenden Verhältniſſen. Dieſe Mineralien ſind nun folgende: 1) Gediegenes Eiſen, welches zuweilen die Hauptmaſſe des Niedergefallenen ausmacht. Derartige Meteorſteine zerſpringen beim Falle nicht, und bilden daher die größten der bisher gefundenen Meteorſteine; das Eiſen darin bildet zuweilen eine dichte Maſſe, zuweilen gewundene kleinere und größere Theile, ſo wie Körner, gewöhnlich voller Grübchen und Höhlungen, welche eine Steinmaſſe umſchließen. Das Eiſen iſt gemengt mit anderen Metallen, hauptſächlich mit Nickel, deſſen Quantität nicht beſtändig zu ſein pflegt. In dem übrigen iſt eine chemiſche Verbindung von Eiſen und Nickel angeſchoſſen, und da ſie ſich träger in Säuren löſt als das dazwiſchen befindliche reinere Eiſen, ſo entſtehen durch Aetzung die unter dem Namen der Widtmanſtädt'ſchen Figuren bekannten Zeichnungen von dieſen Kryſtallen. Läßt man eine ſolche geätzte Oberfläche nach dem Poliren anlaufen, ſo wird das Eiſen dunkelblau u. die Nickellegirung brandgelb. 2) Schwefeleiſen. 3) Magneteiſenſtein. 4) Meteorolivin. 5) In Säuren unlösliche Silicate von Talkerde, Kalk, Eiſenoxydul, Manganoxydul, Thonerde, Kali u. Natron. Die ſchwarze Rinde auf den Meteorſteinen iſt Folge der Schmelzbarkeit ihrer Silicate, welche auch dazu beitragen, den für ſich unſchmelzbaren Olivin in Fluß zu bringen. 6) Chromeiſen. 7) Zinnſtein.

Berzelius macht noch folgende, höchſt intereſſante Bemerkungen in Bezug auf ſeine Vermuthung von dem Urſprunge der vom Himmel gefallenen Steine. „Wenn wir die Meteorſteine als Proben von Bergarten betrachten und ſie mit denen unſerer Erde vergleichen, ſo zeigen ſich dabei, auch wenn man den Gehalt an gediegenem Eiſen ausnimmt, weſentliche Unterſchiede. Der Reichthum an Talkerde, welche überall vorwaltender Beſtandtheil iſt, die Seltenheit der Kieſelerde und der unbedeutende Gehalt an Silicaten von Thonerde und Alkali zeichnen die Meteorbergarten aus. Auf der Erde verhält es ſich umgekehrt; hier iſt die Kieſelerde überwiegend, und Silicate von Thonerde u. Alkali ſind überall die hauptſächlichſten Gemengtheile. Die Talkerde kommt ſparſam vor. Die Feinkörnigkeit und der geringe Zuſammenhang in

der Textur der Meteorſteine könnte darauf hindeuten, daß ſie im geſchmolzenen Zuſtande ausgeworfen wurden, und daß ſie ſich folglich mit den Produkten der telluriſchen Vulkane vergleichen laſſen. Indeß ſcheint ein ſolcher Vorgang nicht ſtatt gefunden zu haben. Wenn man die Textur eines größern Meteorſteinſtücks genau betrachtet, ſo findet man, daß ſie geſprungen geweſen ſind, und daß dieſe Sprünge ausgefüllt wurden mit einer andern mehrentheils dunkleren Steinmaſſe. Aehnliche Verhältniſſe findet man in von Schreiber's Arbeit über Meteorſteine abgebildet. Dieß weiſt auf eine langſamere und ruhigere Bildungsart hin. Daß der Olivin unter den telluriſchen Vulkanprodukten und ſelten in anderen vorkommt, beweiſt nicht die Nothwendigkeit, daß der Olivin immer ein vulkaniſches Produkt ſein müſſe. Er iſt unſchmelzbar und findet ſich eingeſchloſſen in vulkaniſchen Bergarten, weil er nicht mit ihnen zuſammen in Fluß treten kann. In den Meteorſteinen iſt er dagegen ſo gleichförmig mit den übrigen Beſtandtheilen gemengt, daß ſeine Anweſenheit in dieſen offenbar einen andern Grund hat als die der Olivindruſen in der Lava und dem Baſalt. Der Meteorſtein von Alais beweiſt, daß in der Heimath der Meteorſteine, unter irgend einem geognoſtiſchen Ereigniß, Bergarten zerfielen und ſich in eine Art Erde verwandelten, und daß ſelbſt dieſe olivinartige, mit gediegenem Eiſen gemengte Maſſe die Bergart war, welche zertrümmert ward. Der Gehalt dieſer Erde an Salzen, die in Waſſer löslich ſind, ſcheint zu beweiſen, daß jener Vorgang ohne Mitwirkung von Waſſer geſchah, oder in einem Waſſer, welches bedeutende Mengen von dieſen Salzen gelöſt enthielt, ſo daß dieſelben beim Austrocknen zurückblieben. Der kohlenhaltige Stoff, den dieſe Erde eingemengt enthält, ſcheint nicht zu dem Schluß zu berechtigen, daß in der urſprünglichen Heimath dieſer Erde eine organiſche Natur vorhanden ſei. Dieſe Eigenſchaft der Erde ſcheint mehr als ein anderer Umſtand zu zeigen, daß die Meteorſteine nicht in flüſſiger Form ausgeworfen wurden und ſodann erkalteten, weil unter ſolchen Umſtänden eine Erdbildung nicht denkbar iſt. — Das eben Angeführte gilt von der Mehrzahl der Meteorſteine, welche alle als abſtammend aus einer gemeinſchaftlichen Gegend betrachtet werden können. Aber unter den unterſuchten Meteorſteinen haben drei eine ſo weſentlich verſchiedene Zuſammenſetzung gegen die übrigen gezeigt, daß man mit Sicherheit ſagen kann, ſie ſind nicht von demſelben Orte gekommen wie jene, ſondern rühren entweder von einem anderen Weltkörper her, oder von einer andern Gegend auf demjenigen, der uns die übrigen zuſandte. Dagegen ſtimmen ſie unter ſich ſo gut überein, daß man wohl vermuthen kann, ſie haben eine gemeinſchaftliche Heimath: dieß ſind die, welche bei Stannern in Mähren, bei Jonzac und bei Juvenas in Frankreich gefallen ſind. Der erſte iſt von Moſer und ſodann von Klaproth unterſucht; die beiden anderen ſind es von Laugier. Sie weichen von den entſprechenden darin ab, daß ſie kein gediegenes Eiſen enthalten, daß ſie ein Aggregat von deutlich unterſcheidbaren Mineralien ausmachen, wiewohl die Gemengtheile von äußerſt geringem Volumen ſind, und daß Talkerdeſilicat nur zu einer ganz unbedeutenden Quantität in ihre Zuſammenſetzung eingeht. Dagegen enthalten ſie, außer etwas Schwe-

feleiſen, Silicate von Kalk, Thonerde und Eiſenoxydul. Auch enthalten ſie Chrom. — G. Roſe hat dieſe Art von Meteorſteinen näher unterſucht, und es wahrſcheinlich gemacht, daß ſie Gemenge ſeien von Labrador und Pyroxen, nebſt etwas nickelfreiem Magnetkies, der indeß nach ſeinen Verſuchen dem Magnet nicht folgt. — Wenn die verſchiedenen Arten von Meteorſteinen aus dem Monde herſtammen, ſo ſcheint es klar zu ſein, daß die letztere und ſeltnere Art aus einer Gegend deſſelben herrührt, die ſo gelegen iſt, daß die von dort ausgeworfenen Körper nicht direct auf die Erde zu fliegen, wie die gewöhnlichen Meteorſteine, und daß darin der Grund ihrer Seltenheit liegt. Daß das gediegene Eiſen in denſelben fehlt, iſt bemerkenswerth und zeigt, daß der große Gehalt an gediegenem Eiſen, welcher die gewöhnlichen Meteorſteine auszeichnet, nicht allgemein verbreitet iſt, und es kann die Hypotheſe unterſtützen, daß daſſelbe in einer gewiſſen Gegend auf dem Mond reichlicher vorkomme, und dieß die Urſache ſei, daß dieſe Gegend, vermöge des magnetiſchen Einfluſſes von Seiten der Erde, dieſer unverändert zugewandt iſt."

Der einfachen in den Meteorſteinen entdeckten Stoffe ſind 18, nämlich: Sauerſtoff, Waſſerſtoff, Schwefel, Phosphor, Kohle, Kieſel, Chrom, Kalium, Natrium, Calcium, Magneſium, Aluminium, Eiſen, Mangan, Nickel, Kobalt, Kupfer, Zinn.

In Beziehung auf die Entſtehung der Steine vom Himmel macht v. Hoff gegen Berzelius die Bemerkung, daß namentlich wegen der die Steinfälle begleitenden Erſcheinungen (ſ. d. Art. Feuerkugeln) eine lunariſche Entſtehung derſelben nicht wohl anzunehmen ſei. Sowohl das momentane Erfolgen der Exploſion, als die vorübergehende Lichterſcheinung, als die dem Hauptact vorausgehenden Erſcheinungen (leuchtende Wolken, parallel laufende Lichtſtreifen, die erſt ſpäter in eine Feuerkugel zuſammenfließen), ferner beſonders der beträchtliche Unterſchied in der Größe der Feuerkugeln und der aus ihnen niederfallenden Producte (oft vielleicht nur ein Hunderttauſendtheilchen der Feuerkugel) laſſen ſich nach von Hoff's Meinung allein aus dem Durchfliegen eines feſten Körpers durch den Raum nicht erklären. Allen dieſen Erſcheinungen, ſagt er, muß ein eigenthümlicher, augenblicklich vollbrachter, phyſiſch chemiſcher Proceß zu Grunde liegen. Hoff vermuthet daher, daß in den Augenblicken, in welchen bei einem fallenden Meteor die Exploſion und Lichtentwickelung erfolgt, eine mächtige chemiſch-phyſiſche Operation vorgeht, die nicht bloß Begleiterin des Falles eines feſten Körpers, oder Wirkung dieſes Falles iſt, ſondern die aus Urſtoffen einen neuen Körper bildet, und daß dieſer neue Körper eben der fallende Meteorſtein iſt. Daß die Naturerſcheinung des Meteorſteinfalls nicht zu den ſeltenſten gehört, geht aus der Menge von Beobachtungen ſolcher Fälle vor, die bekannt geworden, ſeitdem man die Möglichkeit, daß Steine vom Himmel fallen, nicht mehr bezweifelt. Nachſtehendes Verzeichniß enthält (nach Chladni und v. Hoff) die ſeit 1800 bekannt gewordenen Meteorſteinfälle, ſo wie die bekannten Eiſenmaſſen, welche wahrſcheinlich meteoriſchen Urſprunges ſind.

Meteorſteinfälle: 1801 auf Isle des Tonnelliers. 1802, Sept. in Schottland. 1802, Alhabad in Hindoſtan. 1803, 26. Apr. bei l'Aigle. 1803, 4. Juli bei Eaſt-Norton. 1803, 8. Oct. bei Apt (Frankr.). 1803, 13. Dec. bei Eggenfelde. 1804, 5. Apr. bei Glasgow. Von 1804 bis 1807 bei Dortrecht. 1805, 25. März bei Doroninsk in Sibirien. 1805, Juni zu Conſtantinopel. 1806, 13. März zu Alais. 1806, 17. Mai in Hantſhire. 1807, 13. März bei Timochin in Rußland. 1807, 14. Dec. bei Weſton in Connecticut. 1808, 19. Apr. zu Borgo San-Donino. 1808, 22. Mai bei Stannern in Mähren. 1808, 3. Sept. zu Liſſa in Böhmen. 1808 zu Mooradabad in Hindoſtan. 1809, 17. Juni im Meere nahe bei Nordamerika. 1810, 30. Jan. in Caswel in Amerika. 1810 im Juli bei Shabad in Indien. 1810 im Auguſt in der Grafſchaft Tipperary in Irland. 1810, 23. Nov. bei Charſonville in der Nähe von Orleans. 1810, 28. Nov. im Meer beim Cap Matapan. 1812, 12. bis 13. März in der Provinz Pultawa in Rußland. 1811, 8. Juli zu Berlanguillas. 1812, 10. Apr. bei Toulouſe. 1812, 15. April zu Erxleben. 1812, 5. Aug. zu Chantonay. 1813, 14. März zu Cutro in Calabrien (mit rothem Staube). 1813 im Frühjahr bei Malpas unweit Cheſter. 1813, 10. Sept. bei Limerik in Irland. 1813, 13. Dec. bei Lontalax u. Savitaipal unweit Viborg in Finnland (ſ. oben.) 1814, 3. Febr. bei Bacharut in Rußland. 1814, 5. Sept. bei Agen. 1814, 5. Novbr. in Doab in Indien. 1815, 18. Febr. zu Duralla in Indien. 1815, 3. Oct. zu Chaſſigny bei Langres. 1816 zu Glaſtonbury in Sommerſetſhire. 1817 zwiſchen 2. u. 3. Mai im baltiſchen Meere. 1818, 15. Febr. zu Limoges. 1818, 30. März bei Zaborzyca in Volhynien. 1818, 10. Aug. zu Slobotka in der ruſſ. Provinz Smolensk. 1818 in Macedonien. 1819, 14. Juni zu Jonzac im Dep. Unt.-Charente. 1819, 13. Oct. bei Politz unweit Gera oder Köſtritz im Fürſt. Reuß. 1820, 21. bis 22. März zu Vedenburg in Ungarn. 1820, 12. Juli bei Likna im Kreiſe von Dunaburg, Prov. Witepsk in Rußland. 1821, 15. Juni bei Juvenas. 1822, 3. Juni zu Angers. 1822, 10. Sept. bei Karlſtadt in Schweden. 1822, 13. Sept. bei la Baſſe, Canton Epinal, Dep. Wasgau. 1822 im Nov. zu Nourpoor bei Futtehpore in Oſtindien. 1823, 7. Aug. bei Nobleboro in Amerika. 1824, Ende Jan. bei Arenazzo im Gebiet v. Bologna. 1824, 18. Febr. in der Prov. Irkutzk in Sibir. 1824, 14. Oct. bei Zébrak, Kreis v. Beraun in Böhmen. 1825, 14. Sept. auf der Sandwichinſel Wahu. 1826, 15. März in der Gegend v. Lugano. 1826, 19. Mai im ruſſ. Gouv. Ekaterinoslav. 1826 im Aug. auf den Galapian-Höhen im Dep. Lot u. Garonne. 1827, 27. Febr. im Diſtrict Azim-Geſh in Hindoſtan beim Dorfe Mhow. 1827, 9. Mai zu Drake Creek im nordamer. Staate Teneſſen. 1827 im Aug. in der chineſ. Prov. Kuld-Schuh. 1827, 5. oder 8. Oct. bei dem Dorfe Kuaſti-Knaſti bei Bialyſtock in Polen. 1828, im Mai bei Tſcheroi zwiſchen Krajowa und Widdin. 1828, 4 Juni in der Grafſch. Cheſterfield in Virginien. 1829, 8. Mai bei Forſyth im Canton Monroe des nordamer. Staates Georgien. 1829, 14. Aug. bei Deal im

nordamer. Staate Neu-Jerſey. 1829, 9. Sept. bei Krasnyi-Ugal im ruſſ. Dep. Rjäſan. 1829, 19. Nov. bei Prag. 1831 zu Bouillé im franz. Dep. de la Vienne. 1831, 9. Sept. bei Weſſely im hradiſcher Kreiſe in Mähren. 1833, 16. Juli bei Nachratſchinsk im Dep. Tobolsk. 1833, 25. Nov. bei Blansko in Mähren. 1835, 13. Nov. im Arond. Belley im Dep. Ain (zündete ein Haus an) *).

Eiſenmaſſen, welche für meteoriſch zu halten, ſind folgende bekannt. Die von Pallas in Sibirien aufgefundene Maſſe (ſ. oben,

*) Die Bewohner von China, Japan und den benachbarten Provinzen haben beſondere Aufmerkſamkeit auf die Erſcheinung von Meteorſteinfällen gewendet. Sie haben über dieſelben ein bei weitem vollſtändigeres Verzeichniß als wir. Daſſelbe geht bis in das 7. Jahrh. vor Chr. Abel Remuſat hat 1819 eine intereſſante Schrift über dieſen Gegenſtand bekannt gemacht. Von dieſen intereſſanten chineſ. Beobachtungen möge Folgendes als Beiſpiel dienen: 644 v. Chr. im Frühjahr im erſten Monde am Tage Ou-Chin des Neumondes fielen 5 Steine im Königr. Saung (Ho-non). 211 v. Chr. fiel eine Sternſchnuppe (Feuerkugel) zu Toung-kiun und als ſie zur Erde kam, verwandelte ſie ſich in Stein. Man gravirte auf den Stein: „der Kaiſer wird ſterben und ſein Reich wird getheilt werden." Der Kaiſer ließ die Urheber dieſes Betrugs ſtrafen und den Stein verbrennen (durch Feuer zerſtören). 32 v. Chr. im neunten Monde am Tage Ou-tſeu ging eine Feuerkugel vom großen Bären aus; ihr Licht war weiß und ihr Glanz erleuchtete die Erde. Sie hatte eine längliche Geſtalt von 40 F. Länge und bewegte ſich wie eine Schlange. Nachher wuchs ſie bis zur Länge von 50 oder 60 F. ꝛc. 2. n. Chr. im 6. Monde fielen zwei Steine zu Kiu-lou. Seit der Zeit von Hoeï-te zählt man 11 Steinfälle, die alle von Lichterſcheinung und von einem Getöſe wie das des Donners begleitet waren. 310 im 10. Monde am Tage Keng-tſeu fiel im N. W. eine Sternſchnuppe mit Getöſe, man ließ ſie ſuchen und der Kaiſer erhielt davon Stücke zu Phing-yang. 333 fiel 6 Mln. nordweſtl. von Ye eine Sternſchnuppe, anfangs von rothſchwärzlicher Farbe. Eine gelbe Wolke dehnte ſich wie ein Vorhang mehre hundert Schritte weit aus. Man vernahm ein Getöſe, wie das des Donners. Als ſie zur Erde fiel war ſie glühend, der Staub flog gen Himmel. Arbeiter, die ſie fallen ſahen, ſuchten ſie auf; die Erde war noch heiß. Sie ſahen einen wenigſtens 1 F. breiten Stein von ſchwärzlicher Farbe u. ziemlich leicht, welcher geſchlagen wie das Inſtrument King tönte. 1057 fiel im 1. Monde zu Hoang-lieï in Corea ein Stein mit ſtarkem Getöſe. Derſelbe wurde an den Hof geſchickt, und dieſer nahm ihn als etwas nicht Unerhörtes, ohne Vorbedeutung auf. 1516 im 12. Monde am 25. Tage fielen zu Chun-king-fou in der Provinz Sſe-tchhouan ohne vorhergehenden Wind oder Wolken plötzlich unter Donnergetöſe 6 Steine. Die ſchwerſten wogen 15 bis 17 Pfd., die kleinſten 1 Pfd bis 10 Unzen. Ueberhaupt wurden in China in den verſchiedenen Jahrhunderten folgende Steinfälle beobachtet.: Im VII. Jahrh. vor Chr. 2, im III. 1, im II. 1, im I. 11, im I. Jahrh. nach Chr. 4, im II. 4, im III. 3, im IV. 11, im V. 2, im VI. 11, im VII. 11, im VIII. 7, im IX. 14, im X. 11, im XI. 14, im XII. 6, im XIII. 1, im XVI. 1.

ſie wiegt noch 1270 ruſſiſche Pfd.). Ein in Eibenſtock und Johann-georgenſtadt gefundenes Stück. Eine vielleicht aus Norwegen ge-kommene Maſſe, welche im kaiſerl. Cabinet zu Wien aufbewahrt wird. Eine kleine, 4 Pfd. wiegende Maſſe, gegenwärtig in Gotha. Eine 1751 zu Agram herabgefallene Maſſe. Aehnliche Stücke wurden ge-funden auf dem rechten Ufer des Senegal; auf dem Kap der guten Hoffnung; in Mexiko in verſchiedenen Gegenden; in der Provinz Bahia in Braſilien; in der Gerichtsbarkeit von St. Jago del Eſtero; zu Ellbogen in Böhmen (ſ. oben); bei Lenarto in Ungarn; mehre in Nordamerika gefundene Maſſen; in den Umgebungen von Bitburg ohn-weit Trèves (wiegt 3300 Pfd.); bei Brahin in Polen; in der Repu-blik Columbien, auf den öſtlichen Cordilleras des Andes; in einiger Ent-fernung von der Nordküſte der Baffinsbai an einem Orte Sowallik (zwei Maſſen: die eine ſcheint ſolid, die andere ſteinig und mit Eiſen-ſtücken gemengt, aus denen die Esquimaux eine Art Meſſer verferti-gen). Vielleicht gehört hierher eine große etwa 40 F. hohe Maſſe im öſtlichen Aſien, von der die Mongolen, welche ſie Khadaſutſilao d. h. Felſen des Pols nennen, ſagen, daß ſie in Folge eines Feuermeteors herabgefallen ſei. Zweifelhaft ſind eine Maſſe bei Aix la Chapelle, welche Arſenik enthält, eine im Mailändiſchen gefundene Maſſe und die bei Groskamsdorf gefundene Maſſe mit etwas Blei und Kupfer. Me-teoriſchen Urſprungs ſind ferner wahrſcheinlich: eine im Dorf la Caille bei Groſſe im Dep. du Var liegende Eiſenmaſſe von 10 bis 12 Cent-ner Gewicht; Eiſenmaſſen in der Wüſte Atacama in Chili; eine bei Bohumiliz in Böhmen 1829 gefundene Eiſenmaſſe (103 Pfund ſchwer); eine Maſſe von der Riviere Rouge in Louiſiana; eine eiſerne Keule im Lamakloſter Sera in Tibet, welche als Heiligthum bewahrt wird; der ſchwarze Stein in der Kaaba zu Mekka.

Sterne und Sternbilder. Sterne ſind die am nächtlichen Himmel erſcheinenden leuchtenden Weltkörper, welche in **Fixſterne**, **Pla-neten**, **Nebenplaneten** u. **Kometen** (ſ. d. Art.) eingetheilt werden.

Sternbilder heißen die Gruppen von Fixſternen, welche man unter einem gemeinſchaftlichen Namen zuſammengefaßt hat, um das Heer der Fixſterne leichter überſehen zu können. Die Namen der wich-tigſten Sternbilder, welche auf der nördlichen Halbkugel erblickt werden, ſtammen aus den älteſten Zeiten, ſo daß man ihren Urſprung nicht kennt. Doch knüpft ſich die Mythologie und mythiſche Geſchichte der alten Völker zum Theil an dieſe Namen an, ſo daß auch in ihnen ein Beweis von der naturwiſſenſchaftlichen Bedeutung der älteſten Religio-nen liegt. Später haben neu entdeckte Sterngruppen Namen erhalten und behalten, die ſich theils auf wichtige, beſonders naturwiſſenſchaftli-che Entdeckungen, theils auf hiſtoriſche Perſonen bezogen. Vergebens ſind einige Verſuche gemacht worden, die alten Namen der Sternbilder durch neue, zum Theil ſehr abgeſchmackte zu verdrängen. So wollte z. B. ein Aſtronom des 16. Jahrh. die Wappen aller Adligen an den Himmel verſetzen, und **Julius Schiller** in Augsburg gab 1627 ei-nen chriſtlichen Sternenhimmel (Coelum stellatum Christianum ad

majorem ecclesiae triumphantis gloriam) heraus, in dem die Namen der Heiligen der katholiſchen Kirche prangten. Die 12 Sternbilder des Thierkreiſes (ſ. d. Art.) ſind durch ihre Beziehung auf den Sonnenlauf die wichtigſten. Außer ihnen kannten die Alten noch 36 Sternbilder von denen 21 der nördlichen, 15 der ſüdlichen Halbkugel angehören. Die alten nördlichen Sternbilder. 1) Caſſiopeja, 2) Andromeda, 3) das nördliche Dreieck, 4) Perſeus und der Meduſenkopf, 5) der Fuhrmann mit der Ziege, 6) der große Bär, 7) der kleine Bär, 8) der nördliche Drache, 9) Bootes oder der Bärenhüter, 10) die nördliche Krone, 11) Herkules, 12) Ophiuchus oder der Schlangenträger, 13) die Schlange des Ophiuchus, 14) die Leier mit dem Geier, 15) der Adler, 16) der Schwan, 17) der Pfeil, 18) der Delphin, 19) das kleine Pferd, 20) Pegaſus und 21) Cepheus. — Die alten ſüdlichen Sternbilder. 1) der Wallfiſch, 2) der große Hund, 3) der kleine Hund, 4) die große Waſſerſchlange, 5) der Becher, 6) der Rabe, 7) der Wolf, 8) der Centaur, 9) das Schiff Argo, 10) die ſüdliche Krone, 11) der ſüdliche Fiſch, 12) der Haſe, 13) der Altar, 14) der Fluß Eridanus und 15) Orion. Dieſen haben ſpätere Aſtronomen noch folgende neuere Sternbilder hinzugefügt. 1) Antinous, 2) das Haupthaar des Berenice; dieſe beiden Sternbilder, deren Erfinder man nicht näher kennt, und die auch die Griechen nicht erwähnen, ſind von Tycho wieder eingeführt, und allgemein angenommen worden; 3) die Carlseiche, 4) die Taube, 5) das Kreuz, 6) der Sobieskiſche Schild, 7) das Einhorn, 8) die Giraffe oder das Camelopard, 9) der uraniſche Sextant, 10) die Jagdhunde, 11) der kleine Löwe, 12) der Luchs, 13) der Fuchs mit der Gans, 14) die Sterneidechſe, 15) das kleine Dreieck, 16) die Fliege beim Widder, 17) Cerberus bei Herkules, 18) die amerikaniſche Gans, 19) der Phönix, 20) die kleine Waſſerſchlange, 21) der Schwertfiſch oder Dreieck, 22) der fliegende Fiſch, 23) das Chamäleon, 24) der Paradiesvogel, 25) das ſüdliche Dreieck, 26) der Pfau, 27) der Indianer, 28) der Kranich, 29) der Berg Mänalus bei Bootes, 30) das Herz Carls II., 31) das Rennthier, 32) der indianiſche Vogel oder der Einſiedler, 33) der Poniatowskiſche Stier, 34) der Erntehüter oder Meſſier, 35) der Mauerquadrant, 36) das brandenburgiſche Scepter, 37) Friedrichs-Ehre, 38) die Georgsharfe, 39) das Herſchelſche Teleskop, 40) der Luftballon, 41) die Buchdruckerwerkſtatt, 42) die Elektriſirmaſchine, 43) das Log mit der Leine, 44) die Bildhauerwerkſtatt, 45) der chemiſche Ofen, 46) die Pendeluhr, 47) das rhomboidiſche Netz, 48) der Grabſtichel, 49) die Malerſtaffelei, 50) der Seecompaß, 51) die Luftpumpe, 52) der See-Octant, 53) der Zirkel, 54) Lineal und Winkelmaß, 55) das aſtronomiſche Fernrohr, 56) das Mikroskop, 57) der Tafelberg, 58) die Setzwage. Demnach zählen wir 48 alte und 58 neue, zuſammen 106 Sternbilder des Himmels.

Namentlich die Araber haben auch den einzelnen großen Sternen des Himmels beſondere Namen beigelegt. Man bezeichnete ſie überdieß nach den Stellen, die ſie in den verſchiedenen Sternbildern einnahmen. Joh. Bayer führte in ſeinen Himmelscharten (Augsburg 1603) die

bis jetzt noch beibehaltene Bezeichnungsart nach den großen und kleinen Buchſtaben des griech. und lat. Alphabets ein. Die alten Namen ſind mit der neueren Bezeichnung in folgendem Verzeichniſſe zuſammengeſtellt.

Acrab, β Scorpii.
Acharnar, α Eridani.
Alamak, γ Andromedae.
Albireo, β Cygni.
Alchiba, α Corvi.
Alcyone, η Pleiadum.
Aldebaran, α Tauri.
Alderamin, α Cephei.
Algenib, γ Pegasi.
Algieba, γ Leonis.
Algol, β Persei.
Alhena, γ Geminorum.
Alioth, ε Ursae maj.
Alkaid, η Ursae maj.
Alphard, α Hydrae.
Alrami, α Sagittarii.
Alschain, β Aquilae.
Altair, α Aquilae.
Alula, γ Ursae maj.
Antares, α Scorpii.
Arktur, α Bootis.
Arneb, α Leporis.
Asellus bor., γ Cancri.
Asellus austr., δ Cancri.
Bellatrix, γ Orionis.
Beteigeuze, α Orionis.
Canopus, α Argo navis.
Capella, α Aurigae.
Castor, α Geminorum.
Chaph, β Cassiopeiae.
Cursa, β Eridani.
Deneb, α Cygni.
Denebola, β Leonis.
Diphda, β Ceti.
Dubhe, α Ursae maj.
Elektra, b Pleiadum.
Enif, ε Pegasi.
Fomalhaut, α Piscis austr.
Gemma, α Coronae bor.
Giedi, α Capricorni.
Hamal, α Arietis.
Izar, ε Bootis.
Kiffa austr., α Librae.
Kocab, β Ursae min.
Markab, α Pegasi.
Megrez, δ Ursae maj.
Menkab, α Ceti.
Merak, β Ursae maj.
Merope, d Pleiadum.
Mesarthim, γ Arietis.
Mirach, β Andromedae.
Mirfok, α Persei.
Mirza, β Canis maj.
Mizar, ζ Ursae maj.
Nath, β Tauri.
Phekda, γ Ursae maj.
Pleione, h Pleiadum.
Pollux, β Geminorum.
Praesepe, ε Cancri.
Procyon, α Canis min.
Ras-Algeti, α Herculis.
Ras-Alage, α Ophiuchi.
Regulus, α Leonis.
Rigel, β Orionis.
Ruccabah, α Ursae min.
Scheat, β Pegasi.
Schedir, α Cassiopeiae.
Sertan, α Cancri.
Sheliak, β Lyrae.
Sirra, α Andromedae.
Sirius, α Canis maj.
Spica, α Virginis.
Sulaphat, γ Lyrae.
Taygeta, e Pleiadum.
Thuban, α Draconis.
Vindemiatrix, β Virginis.
Wega, α Lyrae.
Wezen, δ Canis maj.
Zaurak, γ Eridani.
Zavijava, β Virginis.

Der Aldebaran heißt auch Palilicium und iſt der größte Stern unter den Hyaden. Alcyone iſt der größte unter den Pleiaden

(Gluckhenne). Spica wird auch Kornähre oder Azimech genannt, Ruccabah auch der Polarſtern. Ueber Mizar im großen Bären ſteht das Reuterlein. Der große Bär heißt auch der Wagen und die drei Sterne δ, ε, ζ im Gürtel des Orion nennt man den Jacobſtab.

Das Funkeln der Sterne, welches nicht immer, ſondern nur zuweilen auftritt und in einer zitternden Bewegung, einem augenblicklichen helleren Aufglänzen vor den übrigen Sternen beſteht, entſteht durch Ungleichheiten in den Luftſchichten, durch welche das Licht der Sterne dringen muß, ehe es unſer Auge trifft. Eine ähnliche zitternde Bewegung nehmen wir an Gegenſtänden war, nach denen wir über ein Kohlenfeuer, über brennenden Spiritus oder eine heiße Fläche hinſehen. Die Fixſterne zeigen das Funkeln lebhafter als die Planeten, weil ſie für unſe Auge, auch wenn es mit Gläſern bewaffnet iſt, als wahrhafte Punkte erſcheinen und daher die kleinſte ſcheinbare Verrückung leichter gewahren laſſen als die einen, wenn auch geringen Durchmeſſer zeigenden Planeten. In der heißen Zone kommt der Luftzuſtand, welcher das Funkeln bedingt, natürlich häufiger vor als bei uns, und derſelbe ſteigert ſich zuweilen ſo, daß nach Humboldt die Sterne nicht nur zu funkeln, ſondern hin und herzufliegen ſcheinen.

Die Lage der Sterne am Himmel, ihr Ort, wird aſtronomiſch entweder durch Breite und Länge (ſ. d. Art.) beſtimmt, oder durch Höhe und Azimuth (ſ. d.), oder endlich durch Rectaſcenſion und Declination. Man zählt nämlich auf dem Aequator vom Frühlingspunkte ab in der Richtung von Abend nach Morgen bis zu 360° die Abſtände der Stunden oder Declinationskreiſe (Abweichungskreiſe, ſ. d. Art. Abweichung, aſtronomiſche). Dieſe Abſtände heißen Rectaſcenſionen oder gerade Aufſteigungen. Will man nun die Lage eines Sternes beſtimmen, ſo gibt man ſeine nördliche oder ſüdliche Declination, d. h. ſeinen Abſtand vom Aequator nach Norden oder Süden, und ſeine Rectaſcenſion an, d. h. den Abſtand des Frühlingspunktes von demjenigen Punkte, in welchem der Declinationskreis des Sternes den Aequator ſchneidet.

Man hat die Sterne und Sternbilder ſowohl auf Himmelsgloben als auf Sternkarten in der Weiſe verzeichnet, daß die Sterne nach ihrer Größe und ihren verhältnißmäßigen Abſtänden, auch mit ihren Namen eingetragen und unter einander durch Linien zu denjenigen Figuren verbunden ſind, welche ihre Namen bezeichnen. Doch wird man ſich nach dieſen Figuren, welche oft gar keine Aehnlichkeit mit den Sterngruppen ſelbſt haben, ſchwerer eine Kenntniß des Sternenhimmels zu verſchaffen vermögen, als wenn man ſich die Sternbilder und einzelnen Sterne nach ihrer gegenſeitigen Lage, das heißt die geraden Linien merkt, welche die verſchiedenen Sternbilder unter einander in Verbindung ſetzen.*) Um ſich mit Hilfe eines Himmelsglobus (ſ. d. Art.)

*) Man hat Sternkarten auf denen dieſe Linien (Alignements) ſtatt der Umriſſe der Figuren angegeben ſind, z. B. in Littrow's „der Him-

während einer ſternhellen Nacht am Himmel zu orientiren, ſtellt man denſelben ſo auf, daß ſein Pol die bekannte Polhöhe des Beobachtungsortes über dem künſtlichen Horizonte hat, dieß geſchieht, indem man den meſſingenen Meridian des Globus dreht. Dann bringt man den Ort der Sonne in der Ekliptik für den gegebenen Tag unter den meſſingenen Meridian, ſtellt den Index des Stundenzeigers (der Roſe) auf 12 Uhr Mittag, und den Globus ſelbſt mit ſeinem Geſtell ſo, daß der Nordpol deſſelben gegen den Polarſtern*) gerichtet iſt. Nun endlich dreht man den Globus im Meridiane, bis der Index die Stunde der Nacht anzeigt, während welcher man eben beobachten will. Nachdem die künſtliche Himmelskugel auf dieſe Weiſe orientirt worden, ſtehen auf ihr alle Sterne in derſelben Lage gegen den Mittelpunkt und den Horizont, in welcher die wirklichen Sterne gegen den Beobachtungsort und den Horizont deſſelben ſtehen, und man kann durch Vergleichung des Himmels mit dem Globus die Namen der Sternbilder u. Sterne kennen lernen.

Zu den ſchönſten und richtigſten Sternkarten gehören: Flamſtead's Atlas coelestis (28 Blätter, Fol., London 1729); Bode's Vorſtellungen der Geſtirne (34 Quartblätter mit einem Verzeichniß von 5058 Sternen, Berlin 1782, zweite Ausgabe mit einem Verzeichniß von 5877 Sternen, Berlin 1805); Goldbach's Himmelsatlas (27 Doppelblätter in 4., Weimar 1799, beſonders zum Unterricht eingerichtet); Bode's Charten zu der in vielen Ausgaben erſchienenen „Anleitung zur Kenntniß des geſtirnten Himmels;" Bode's Uranographie (26 Blätter in gr. Fol., Berlin 1801, mit einem Katolog von 17240 Sternen); Meigen: „Der geſtirnte Himmel ſammt Beſchreibung deſſelben" (Düſſeldorf 1823, ein Abdruck des vorigen in kleinerm Format, groß 4.); Riedig's Himmelsatlas (20 Blätter, noch kleinerer Abdruck des Bodeſchen Werkes, Leipzig 1831); Hardings Atlas novus coelestis (27 Karten 1822). Ein großartiges Werk geht ſeit 1825 von der berliner Akademie aus, welches alle vorhandenen an Genauigkeit übertrifft. Die Karten erſcheinen in Berlin unter dem Titel: „Akademiſche Sternkarten u. ſ. w. Verzeichniß der von Bradley, Piazzi, Lalande und Beſſel beobachteten Sterne u. ſ. w." Die ausgezeichnetſten Aſtronomen ſind Mitarbeiter.

Sternſchnuppen heißen die ſehr gewöhnlich vorkommenden leuchtenden Meteore, welche gewöhnlich nur am nächtlichen Himmel bemerkt werden, und im Allgemeinen in einem ſich mit großer Geſchwindigkeit bald in dieſer bald in jener Richtung, bald in gerader bald in gekrümmter Linie ſich bewegenden leuchtenden Punkte beſtehen, der in größerer oder geringerer Höhe über der Erde verſchwindet. Einige Sternſchnuppen haben eine leuchtende Bahn, die bisweilen mit ihnen zuſam-

---

mel, ſeine Welten und Wunder." Die alten Sterncharten der Chineſen enthalten ebenfalls ſolche Alignements.

*) Vergl. d. Art. Circumpolarſterne.

menhängt, bisweilen auch von ihnen getrennt iſt, und ſtets erſt einige Zeit nach dem leuchtenden Punkte, zuweilen einige Secunden ſpäter, verſchwindet. Benzenberg und Brandes, welche viele Beobachtungen über Sternſchnuppen angeſtellt, unterſcheiden drei Arten derſelben: 1) Sternſchnuppen erſter und zweiter Größe, welche die größte Aehnlichkeit mit den Feuerkugeln (ſ. d. Art.) haben, u. bei denen man eine leuchtende Kugel unterſcheidet, die gewöhnlich von der erſt nach ihnen erlöſchenden Bahn getrennt iſt. 2) Sternſchnuppen erſter und zweiter Größe, aber ohne Kugel mit einer leuchtenden Bahn, welche nach dem Verſchwinden des bewegten Punktes vom äußerſten Ende anfangend, bald erliſcht. 3) Kleinere Sternſchnuppen von dritter bis ſechſter und noch geringerer Größe. Daß die Sternſchnuppen nur bei Nacht erblickt werden, hat ohne Zweifel ſeinen Grund, in dem gegen ihr eigenes Licht zu hellen Sonnenlichte, welches auch die Sterne verdunkelt. Doch kommen auch Fälle von am Tage erblickten Sternſchnuppen vor. So ſah Hanſteen am 23. Auguſt 1823 um Mittag eine Sternſchnuppe durch das Feld ſeines Fernrohres gehen, und Gaſſendi erzählt, daß er an einem heitern Vormittage eine Sternſchnuppe geſehen habe. Der Schweif der Sternſchnuppen iſt nicht eine Augentäuſchung, wie z. B. der feurige Ring, den eine umgeſchwungene glühende Kohle erblicken läßt. Hiergegen ſprechen mehre Umſtände, unter andern, daß zuweilen der Schweif ohne die Kugel erſcheint, und daß der Schweif ſich allmählig krümmt. Von ihm gibt Brandes folgende nähere Beſchreibung. „Er iſt gewöhnlich länger ſichtbar, als die Sternſchnuppe ſelbſt, und auch ſein Verſchwinden geſchieht meiſtens nicht ſo plötzlich, als das des Kerns. Faſt alle Zeit hörte mit dem Verſchwinden des Kerns die Bewegung des Schweifes auf, ſehr ſelten rückte er allein noch fort und nur einmal ſahen wir einen Schweif, der nach etwa 15 Secunden Dauer ſich ſeitwärts krümmte, und ſich gleichſam zuſammen zu rollen ſchien. Sein Licht iſt gewöhnlich viel blaſſer als das des Kerns; es ſchien zuweilen an den Seiten des Schweifs ſtärker, als in der Mitte, und insbeſondere bemerkte man einigemal, daß die Mitte des Schweifes ſchon dunkel war, wenn beide Seiten noch ihrer ganzen Länge nach ſichtbar blieben. Sehr oft erſtreckt der Schweif ſich nicht bis zur Sternſchnuppe, ſondern zwiſchen beiden iſt gewöhnlich ein beträchtlich dunkler Raum, wodurch der Schweif ganz das Anſehen verliert, als ob es bloß zurückgebliebene Theile des Kerns wären; eher ſchien dieſe Erſcheinung auf die Idee zu leiten, daß hier ein Prozeß eingeleitet werde, der einen Augenblick Zeit bedürfe, um in rechten Gang zu kommen.“ Die Höhe der Sternſchnuppen iſt ſehr verſchieden. Man berechnet ſie nach den Winkeln, unter denen ſie zwei Beobachter von verſchiedenen Standpunkten aus erblicken. Brandes erſte Beobachtungsreihe ergab verſchiedene Höhen von $3\frac{1}{2}$ bis zu 30 Meilen, und bei einer zweiten Beobachtungsreihe (1823) bemerkte man 4 Sternſchnuppen von 1 bis 3 Meilen, 15 von 3 bis 6 Meilen, 22 von 6 bis 10 Meilen, 35 von 10 bis 15 Meilen, 13 von 15 bis 20 Meilen, 11 über 20 Meilen, und zwar 3 von etwa 30, eine von 45,7, eine von etwa 60 und eine von mehr als 100 Meilen Höhe. Bei 36 wurden die Bahnen berechnet,

von ihnen gingen 26 mit mehr oder weniger Abweichung in der Verticallinie herab, 9 aufwärts und zwar betrug der Neigungswinkel gegen den Horizont 16°, 68°, 45°, 39°, 10′, 6°, 6°, 39° und 14°, eine war horizontal. Die meiſten Bahnen gingen in ſüdweſtlicher Richtung, hatten folglich eine der Bewegung der Erde entgegengeſetzte Richtung. Die Geſchwindigkeit der Sternſchnuppen war zwiſchen 4 bis 8 Meilen in der Secunde, mithin beinahe noch einmal ſo groß als die Geſchwindigkeit der Erde im Weltraume. Die Menge der Sternſchnuppen iſt zuweilen in einer Nacht ſehr groß. So erzählt Brandes, daß er am 5ten Theile des Horizonts in einer Nacht 480 erblickte. Nach Benzenberg iſt die mittlere Zahl jeder Nacht 30 bis 50. Wie es ſcheint ſind ſie im Allgemeinen an keine Jahreszeit, keine Witterung u. ſ. f. gebunden. Indeß hat man doch in neueſter Zeit in dieſer Hinſicht eine höchſt merkwürdige Entdeckung gemacht. Man hat nämlich gefunden, daß die merkwürdigſten Sternſchnuppenerſcheinungen, wo dieſelben in großer, zum Theil unzählbarer Menge auftreten, in mehren Jahren um die Mitte (um den 12.) November ſtattfanden. Dieſe Erſcheinungen ſind folgende: 1799, 11. bis 12. Nov. beobachtet zu Cumana von A. v. Humboldt, in Grönland von den mähriſchen Brüdern, in Deutſchland von mehren Perſonen. — 1822, 12. bis 13. Nov. beobachtet zu Potsdam von Klöden. — 1831, 12. bis 13. Nov. beobachtet von Bérard. — 1832, 12. bis 13. Nov. beobachtet im ganzen mittleren und nördlichen Europa, ſelbſt mitten in Rußland im Gouv. Kursk. — 1833, 12. bis 13. Nov. beobachtet in Nordamerika, beſonders in den Vereinigten Staaten. — 1834, 13. bis 14. Nov. ebendaſelbſt und in Mähren. — 1835, 13. Nov. Meteorſteinfall, beobachtet im Dep. Ain von d'Aubenton.*) Von der Art dieſer

*) Nachrichten von andern großartigen Sternſchnuppenfällen ſind folgende. 533 (ohne Angabe des Tages) ſah man vom Abend bis Morgen Sternſchnuppen in ſolcher Menge, daß es großen Schrecken erregte, und man glaubte nie ſo etwas Wunderbares geſehen zu haben. — 763 im März, glaubte man (wegen der großen Menge von Sternſchnuppen, die ſich zeigten), das Ende der Welt ſei da. — 1096 (ohne Angabe des Tages) zeigten dieſe Meteore ſich mehre Nächte hindurch, ſo daß man glaubte, es regneten Sterne vom Himmel. — In Wilken's Geſchichte der Kreuzzüge heißt es: Schon vor dem Concil zu Clermont hatten die Sterne die Bewegung der Chriſtenheit angezeigt, denn unzählige Augen ſahen ſie in Frankreich am 25. April 1095 vom Himmel fallen, ſo dicht wie Hagel. — Brandes ſah in der Nacht vom 6. December 1798 viele tauſend Sternſchnuppen, und Chaldni ſagt, daß ſich am Abend des 10. Aug. 1815 ungeheuer viele Meteore der Art gezeigt haben ſollen.

Entſchieden tritt die Bedeutung des Novembers hervor, wenn man ſieht, wie viele Feuermeteore gerade am dreizehnten d. M. oder kurz vorund nachher beobachtet worden ſind. Die Zahl derſelben iſt gar nicht gering. — 1684, Nov. 13., große Feuerkugel mit langem Schweif zwiſchen

merkwürdigen Erſcheinungen werden einige Beſchreibungen, welche zum Theil neue Thatſachen enthalten, welche ſich auf den Urſprung dieſer Meteore beziehen, eine nähere Vorſtellung geben. Eine der merkwürdigſten Sternſchnuppenerſcheinungen iſt die vom 12. Nov. 1799, bei welcher eine wahrhaft unglaubliche Menge größerer und kleinerer Sternſchnuppen, mit und ohne Schweife, anhaltend herabfielen und zugleich aus ſolchen Höhen, daß das Phänomen gleichzeitig zu Cumana durch Bonpland zu Portobello, Guiana, Bahama, Nain in Labrador, Lichtenau in Grönland und zu Itterſtädt bei Weimar geſehen wurde, was eine Höhe von mindeſtens 410 Meilen erfordert. Die Erzählung von dem, was an den beiden entfernteſten Punkten gleichzeitig von vielen Perſonen geſehen wurde, ſtimmt ſo genau überein, daß an der Identität des Geſehenen gar nicht gezweifelt werden kann. Nach von Humboldt folgten Tauſende von Feuerkugeln und Sternſchnuppen einander 4 Stunden lang; ſie nahmen ihre Richtung von Nord nach Süd und füllten am Himmel einen Ort, welcher gerade von Oſten aus ſich an jeder Seite bis 30 Grade hin erſtreckte. Sie ſtiegen oſt-nordöſtlich und öſtlich über den Horizont, beſchrieben ungleich große Bogen und fielen im Süden herab; einige erreichten bis 40 Grad Höhe, alle über 25 bis 30. Sie ließen ſämmtlich leuchtende Spuren von 5 bis 10 Grad Länge zurück, deren Licht 7 oder 8 Secunden dauerte; einige derſelben ſchienen zu berſten, die größten jedoch verſchwanden ohne Funkenſprühen und manche hatten einen großen, dem Jupiter an Lichtglanz

---

Joachimsthal und Gottesgabe. — 1761, Nov. 12., $4^h\ 45'$, große, mit heftigem Knalle zerſpringende Feuerkugel, die bei Dijon ein Haus anzündete. — 1791, Nov. 12., Morg. $6^h\ 39'$, ſpindelförmige Lichterſcheinung von Lichtenberg in Göttingen geſehen. — 1799, Nov. 12., Morg. 6^h (alſo zur Zeit des von v. Humboldt in Amerika, von den mähriſchen Brüdern in Grönland und von mehren Perſonen in Deutſchland geſehenen Meteors), Feuerkugel in England, die mit ziſchendem Geräuſche ging und endlich zerplatzte. — 1803, Nov. 13., Abends $8\frac{1}{2}^h$. Sehr ausgezeichnete Feuerkugel in England. — 1813, Nov. 10., Abends $6^h\ 40'$ in England ein zugleich rauchendes und leuchtendes Meteor. — Am 8. Nov. ein ungewöhnliches blaues, das Mondlicht verdunkelndes Leuchten. Am Abend deſſelben Tages ſehr viele Sternſchnuppen. — 1818, Nov. 13., Abends 7¼ Uhr. Blau leuchtendes und Funken ſprühendes Feuermeteor in England. — 1819, Nov., 13. Abends 7 Uhr. Sehr ungewöhnliche Feuerkugel auf Haiti (eine andere am 14. in Böhmen und eine dritte am 18. in England; endlich am 19. (oder 21.) das von Bowditch berechnete Meteor nebſt vielen Sternſchnuppen in Nordamerika). — 1820, Nov. 12., Nachm. 4 U. Feuerkugel mit Gewitter in Rußland, Gouvernement Kursk. — 1822, Nov. 11., Feuerkugel in Freiberg, — am 12. große Sternſchnuppen in Potsdam, — am 15. Feuerkugel in Apenrade. — 1824, Nov. 13. bis 14., Nachts. Feuerkugel in Mainz. — 1825, Nov. 14., Abends 8 Uhr. Feuermeteor mit Exploſion in Schottland.

gleichen Kern, aus welchem Funken ſprühten. Ihr Licht erſchien weiß, was v. Humboldt zunächſt für eine Folge des heitern Himmels zu Cumana hält, wo damals kein Wölkchen die Atmoſphäre trübte. Gleichzeitig ſah man zu Nain und Hoffenthal zahlloſe Feuerkugeln, deren einige eine halbe Elle im Durchmeſſer zu haben ſchienen, nach allen vier Himmelsgegenden zur Erde herabfallen. Die Erſcheinung wurde auch zu Neu-Herrnhut und Lichtenau in Grönland auf eine Entfernung bis zu 100 Meilen über die Davis-Straße hin geſehen und ſchreckte die Eskimos.

Den zahlreichen Berichten zufolge, welche Nöggerath u. Gautier über das Phänomen 1832 geſammelt haben und welche im Weſentlichen mit einander übereinſtimmen, zeigten ſich während der Nacht vom 12. auf den 13. Nov., an den ſüdlichen Orten von neun Uhr Abends bis zum Anbruch des Tages, Hunderte von Sternſchnuppen, untermiſcht mit vielen kleineren und größeren Feuerkugeln, welche ſich in allen Richtungen bewegten, oft auch auf- und niederwärts, bogenförmig oder gegen einander flogen, lange feurige Schweife nach ſich zogen, aus denen zuweilen Funken und Lichtbüſchel ſeitwärts hervorſchoſſen, dabei außerordentlich ſtark, oft mehre Minuten lang, und unter Veränderung ihrer Geſtalt, merklich mit Farbe leuchteten. Der Schauplatz dieſes Phänomens iſt ſehr groß geweſen. Man hat es beobachtet in England (namentlich Portsmouth, Sheffield und Malvern; am letztern Ort ſah Maton innerhalb fünf Minuten 48 Meteore) in Frankreich (an mehren Orten im Dep. Calvados und de l'Orne, zu Saint-Lonthain im Dep. du Jura, zu Grenoble), in der Schweiz (in und um Genf, zwiſchen Aubonne u. Lauſanne, im Unter-Simmenthal, Kanton Bern), in Süddeutſchland (Frankfurt a. M., Stuttgart, Carlsruhe) in Belgien (Brüſſel und Lüttich), in den Rheingegenden (Trier, Cöln, Düren und mehren Orten des Regierungsbezirks Aachen, Düſſeldorf — wo Cuſtodis von 4 bis 7 Uhr Morgens 267 Sternſchnuppen und darunter 40 bis 50 erſter Größe ſah — Schwelm, Lennep), in Weſtphalen (Salz-Uffeln, wo R. und W. Brandes daſſelbe beobachteten — ferner in Berlin, Warſchau, Riga, Petersburg, Odeſſa, zu Suczawa in der Bukowina (wo nach Rohrer's Beobachtung die Sternſchnuppen mitunter ſo zahlreich fielen, daß es einem förmlichen Feuerregen zu vergleichen war). *)

---

*) Die Nachricht aus Sudſha im ruſſ. Gouv. Kursk von Dmitrjukow ſpricht ſich folgendermaßen aus. In der Nacht zum 13. Nov. 1832, um 5 Uhr nach Mitternacht, wurde ich von meinen Hausgenoſſen geweckt, um eine in hieſiger Gegend ſeltene Erſcheinung zu betrachten. Der Himmel war heiter, geſtirnt u. mondhell, die Lufttemperatur — 7° R. In der Nähe des Horizonts zeigte ſich, wie ein Gürtel, eine blaßweißliche Wolke, mit mehr oder minder hellen purpurrothen Stellen, ähnlich dem Dämmerungslicht oder dem Abglanz einer entfernten Feuersbrunſt, es ließ, wie wenn ringsum am Himmel die Sonne aufgehen wollte. An den höher gelegenen Theilen des Himmelsgewölbes, auf dem blauen Grunde, zeigten ſich bewegte Meteore, an Helligkeit den

Höchſt merkwürdig war das Phänomen von 1833. Ueber daſſelbe hat Olmſted, Prof. zu New-Hafen im Staate Connecticut Nachrichten aus verſchiedenen Gegenden eingeſammelt, es auch ſelbſt beobachtet. Die Namen und Lagen der Beobachtungsorte ſind folgende: 1) Boſton in Maſſachuſets, N. Br. 42° 21′, W. L. 71° 4′ (von Greenwich, wie alle folgende Längen). — 2) New-Hafen, in Connecticut, N. Br. 41° 18′, W. L. 72° 58′. — 3) Weſtpoint, N. Br. 41° 24′, W. L. 73° 57′. — 4) Worthington, in Ohio, N. Br. 40° 4′, W. L. 83° 3′. — 5) Annapolis, in Maryland, N. Br. 39°, W. L. 76° 43′. — 6) Emmittsburg, in Maryland, N. Br. 39° 40′, W. L. 77° 10′. — 7) Frederik, in Maryland, B. Br. 39° 24′, W. L. 77° 28′. — 8) Bowling-Green, in Miſſuri, N. Br. 39° 20′, W. L. 91°. — 9) Lynchburg, in Virginien, N. Br. 37° 30′, W. L. 79° 22′. — 10) Salisbury, in Nord-Carolina, N. Br. 35° 39′, W. L. 80° 25′. — 11) Auguſta in Georgien, N. Br. 33°, W. L. 82′. = Kürzere Notizen erhielt er ferner aus Long-Island, Sound, Hartford, New-York, Washington, Richmond, Niagara-Falls, Charleſton, Poland (Ohio), Georgia u. Macon (Georgien),

---

Sternen gleich; ſie bewegten ſich in verſchiedenen Richtungen, wie Sternſchnuppen oder herabfallende Raketen. Ihr Erſcheinen war nicht ſo augenblicklich, wie das des Blitzes, ſondern dauerte zwei bis drei Secunden, bisweilen aber auch mehre Minuten. Bisweilen war die ſcheinbare Breite dieſer Lichtmeteore gleich der (ſcheinbaren) Breite einer Hand und auch noch größer; die ſcheinbare Längenausdehnung ſenkrecht gerichteter Streifen betrug aber oft 90 Grad. Im Allgemeinen bemerkte man keine Beſtändigkeit in der Richtung; man ſah dergleichen Meteore bald von Oſt vertical gegen den ſüdlichen oder nördlichen, bald vom ſüdlichen zum öſtlichen oder weſtlichen Himmel ſich bewegen. Einige begannen ihr Fallen vom Zenith aus und niedriger nach verſchiedenen Seiten; nur ſehr wenige bewegten ſich in Verticalkreiſen. Die Bahn der meiſten bildete ſpitze Winkel mit dem Horizonte: parallel mit dem Horizonte erſcheinende Bewegungen wurden nicht bemerkt. Bisweilen erſchienen gleichzeitig Meteore, die von verſchiedenen Punkten, doch keine, die von Einem Punkte ausgingen; bisweilen gab es auch mehre Minuten lang keine dergleichen Phänomen. Die größeren derſelben erleuchteten auf mehre Minuten einen anſehnlichen Theil des Horizonts. Beim Auflöſen eines jeden fallenden Meteors ſprühte eine blaßviolette Flamme aus; der untere Endpunkt, und mehr noch der mit Sternenlicht glänzende Bahnſtreifen ſelbſt, war bisweilen bläulich oder grünlich u. verlöſchte dann; mitunter ſah man ihn aber auch eine gekrümmte Form annehmen, dabei purpurroth werden und nur ſehr allmälig ausblaſſen. — Manche Einwohner in Sudja haben dieſe Erſcheinung früher als ich gegen 3 Uhr nach Mitternacht und noch früher geſehen; damals iſt das Licht der Meteore ſo intenſiv und anhaltend geweſen, daß es, wie der Ausbruch einer nahen Feuersbrunſt, das Innere der Zimmer erleuchtet hat. Die ganze Erſcheinung hat man bis zum völligen Ausbruch des Tages fortdauern ſehen. Die Anzahl der fallenden Meteore iſt äußerſt groß geweſen.

Natchez (Miſſouri) und mehren andern Punkten der Vereinigten Staaten. Ueberdies floſſen ihm auch Schiffernachrichten zu, und darunter beſonders zwei recht wichtige: die eine vom Kapitain Gideon Parker, der ſich zur Zeit des Meteors mit dem Schiffe Junior im Golf von Mexico unter 26° N. Br. und 85° 20′ W. L. befand, und die andere vom Kapitain des Schiffes Teneſſee, damals gleichfalls im mexicaniſchen Meerbuſen, unter 23°½ N. Br. u. 82° W. L. ſegelnd. — Rechnet man zu allen dieſen Punkten noch Halifax in Neu-Schottland, Matanzas auf Cuba und Kingſton auf Jamaica, ſo würde das Gebiet der Sichtbarkeit des Phänomens, ſoweit es bis jetzt bekannt geworden iſt, ſich vom 18. bis 43. Breitengrad und vom 61. bis zum 91. Längengrad, alſo beiläufig über eine Fläche von 100000 Quadratmeilen erſtreckt haben. Aller Wahrſcheinlichkeit nach hatte es aber, beſonders landeinwärts nach Weſt, eine noch weit größere Ausdehnung. Oeſtlich vom 61. Grad W. L. und ſüdlich vom 2. Grad N. Br. ſcheint es indeß nicht mehr ſichtbar geweſen zu ſein; wenigſtens wurde auf dem Schiffe Douglas, unter 2° N. Br. und 41° W. L., und auf der Brigg Francia, unter 36° N. Br. und 61° W. L., wie wohl beide Schiffe in der Nacht des 13. Novembers heiteres Wetter hatten, nichts mehr von dem Phänomen wahrgenommen. Zwiſchen 50° und 30° W. L. und 40° bis 50° N. Br. herrſchte auf dem Meere, nach gleichlautender Ausſage von fünf Schiffern, ein heftiger Weſtnordweſtwind mit bedecktem Himmel. Derſelbe ſcheint auch die Beobachtung weiterhin nach Norden gehindert zu haben, wenigſtens war es zu Montreal in Neu-England der Fall. Zu den genaueſten Beobachtungen gehört die von Olmſted ſelbſt. Er berichtet Folgendes.

Dieſen Morgen (13. Nov. 1833) gegen Anbruch des Tages gewährte unſer Himmel ein merkwürdiges Schauſpiel von Feuerbällen, gewöhnlich Sternſchnuppen genannt. Der Beobachter wurde erſt gegen 5¼ Uhr mittlerer Zeit auf das Phänomen aufmerkſam gemacht. Von dieſem Zeitpunkt ab bis zum Sonnenaufgang war es ungemein prächtig, Alles übertreffend, was er je in der Art geſehn hatte. Um eine Vorſtellung von dem Phänomen zu bekommen, denke ſich der Leſer eine ununterbrochene Folge von Feuerkugeln, raketenähnlich von einem wenige Grade ſüdlich vom Zenith liegenden Punkte aus in allen Richtungen längs dem Himmelsbogen gegen den Horizont herabfahren. Sie begannen ihre Bahn in verſchiedenen Abſtänden von jenem ſtrahlenden Punkt, bewegten ſich aber durchweg in ſolchen Richtungen, daß die Linien, welche ſie beſchrieben, aufwärts verlängert, einen und denſelben Punkt des Himmels getroffen haben würden. Um dieſen Punkt war ein kreisrunder Fleck von mehren Graden, in welchem keine Meteore beobachtet wurden. Gewöhnlich ließen die Feuerkugeln beim Herabfahren vom Himmelsgewölbe einen lebhaften Lichtſtreif hinter ſich und juſt ehe ſie verſchwanden, explodirten ſie oder löſten ſich plötzlich in Rauch auf. Dabei war kein Knall oder ſonſtiges Geräuſch zu hören, obwohl aufmerkſam darnach gehorcht wurde. — Außer dieſen diſtincten Maſſen oder individuellen Körpern zeigte die Atmoſphäre phosphoriſche Linien als Gefolge eines Zuges kleiner Punkte, die in größter

Fülle in einer nordweſtlichen Richtung fortſchoſſen. Dieſe copirten nicht ſo ganz die Geſtalt des Himmels, ſondern bewegten ſich in mehr gerad=linigen Bahnen und ſchienen dem Beobachter näher zu ſein als die Feu=erkugeln. Das Licht ihrer Schweife war auch blaſſer, nicht unähn=lich den Zügen, welche man im Dunkeln durch Schreiben mit Phos=phor auf eine Wand hervorbringen kann. Die Anzahl dieſer Lichtzüge nahm wechſelweiſe zu und ab: ſie durchſchnitten das Geſichtsfeld ab und zu wie vom Winde getriebener Schnee, obwohl in Wirklichkeit ihr Lauf gegen den Wind gerichtet war. — Von dieſen beiden Varietä=ten zeigten ſich dem Beobachter Meteore von verſchiedener Größe und verſchiedenem Glanz. Einige waren bloße Punkte, andere aber größer und heller als Jupiter und Venus; ja eins, welches eher erſchien, als Olmſted geweckt wurde, ſoll, nach dem Urtheile eines glaubwürdigen Augenzeugen nahe ſo groß als der Mond erſchienen ſein. Das Auf=blitzen, obgleich weniger intenſiv als eigentliche Blitze, war ſo hell, daß die Einwohnerſchaft in ihren Betten aufgeweckt wurde. Eine Kugel, welche in nordweſtlicher Richtung fortſchoß, und ein wenig nordwärts von Capella zerſprang, ließ genau hinter dem Ort des Zerſpringens einen phosphorescirenden Schweif von beſonderer Schönheit zurück. Dieſer Schweif war anfangs faſt gerade, bald aber begann er kürzer und brei=ter zu werden, und die Geſtalt einer ſich aufrollenden Schlange anzu=nehmen, bis er endlich als eine kleine leuchtende Dampfwolke erſchien. Dieſe Wolke entſtand oſtwärts (vermuthlich durch den Wind, der in dieſer Richtung mäßig blies), entgegen der Richtung, in welcher das Meteor fortgeſchritten war, und blieb mehre Minuten ſichtbar. Das Licht der Meteore war gewöhnlich weiß, hin und wieder auch prisma=tiſch, mit Vorwalten des Blau. — Ein Viertel vor ſechs Uhr ſchien es der Geſellſchaft, worin ſich Olmſted befand, als habe der Punkt der ſcheinbaren Radiation ſich oſtwärts vom Zenith ab bewegt; er merkte ſich daher deſſen Stelle unter den Sternen genau. Der Punkt lag damals im Sternbilde des Löwen, etwas weſtlich vom Gamma. Nach Verlauf einer Stunde nahm der Punkt noch dieſelbe Stelle im Löwen ein, wiewohl dieß Geſtirn, vermöge der täglichen Drehung der Erde, um nahe 15 Grad nach Weſten gerückt war. Nimmt man einen Himmelsglobus zur Hand, ſo wird man ſehen, daß dieſer Punkt eine Rectaſcenſion von 150 Graden und eine Declination von 21 Graden hatte, folglich, daß er, als er ſich im Meridian befand, 20° 18′ ſüdl. vom Zenith lag. — Das Wetter hatte ſich kurz vorher verändert. Am Abend des 11. Nov. fiel mit Südwind viel Regen, und am 12. herrſchte ein ſtarker und ſtoßweißer Wind aus Weſten. Am Abend war der Himmel ſehr heiter; es fielen Sternſchnuppen, aber nicht ſo zahl=reich, daß ſie eine beſondere Aufmerkſamkeit erregten. Am 13. des Morgens (zur Zeit des Meteors) war die Luft ruhig und der Himmel ungewöhnlich heiter. *) —

*) Hieran ſchließt ſich die Beobachtung von Palmer zu New=Haven. Palmer war in den erſten Stunden der Nacht außer Hauſe geweſen,

Die intereſſanteſten Bemerkungen, zu denen die eben angeführten und andere Beobachtungen des Phänomens von 1833 Veranlaſſung gaben, ſind folgende. Es treten drei Arten von Meteoren auf, nämlich 1) phosphorescirende Linien, von denen jede anſcheinend von einem Punkte beſchrieben wurde; 2) große Feuerkugeln, die in Pauſen am Himmel herabſchoſſen und Schweife hinterließen, welche gewöhnlich einige Zeit Beſtand hatten; 3) leuchtende Körper, die eine Zeit lang ſicht-

---

und hatte währenddeß eine ungewöhnliche Anzahl von Sternſchnuppen wahrgenommen; dieß veranlaßte ihn, Andrew Ellicott's Beſchreibung der am 12. Nov. 1799 erſchienenen Meteore nachzuleſen, wobei ihm dann die Gleichheit des Jahrestages ſogleich in Erſtaunen ſetzte. Von 7 Uhr Abends gewahrte er einen röthlichen Dunſt, welcher anfangs unten am ſüdlichen Horizont erſchien, allmälig aber an dieſer Seite des Himmels bis zum Zenith heraufſtieg. Er war ſehr dünn, verdunkelte aber doch die kleineren Sterne. Als dieſer Dunſt erſchien, war der Wind ſüdweſtlich, wiewohl er ein oder ein Paar Stunden zuvor Weſt geweſen. Um 12 Uhr zog ſich Palmer zur Ruhe, um 2 Uhr wurde er aber ſchon durch einen ſeiner Untergebenen wieder geweckt, welcher die Meteore von ſeinem Zimmer aus geſehen hatte. — Palmer, das Phänomen für ein elektriſches haltend, machte ſogleich einige Verſuche, um den elektriſchen Zuſtand der Atmoſphäre zu prüfen. Sein ſeidenes Taſchentuch, mit der rechten Hand an einem Ende gefaßt und ſchnell durch die linke gezogen, gab eine ungewöhnliche Anzahl elektriſcher Funken. Beim Drehen einer kleinen Elektriſirmaſchine waren deren Funken, die für gewöhnlich kurz und ſchwach zu ſein pflegten, viel länger und ſtärker, als er ſie je geſehen hatte. Seidenfäden, gegen eine Eiſenſtange gehalten, welche in dem Boden neben dem Hauſe ſtand, wurden von dieſer ſtark angezogen. — Er unterſuchte darauf ſeinen Compaß; er fand die Nadel unruhiger als gewöhnlich, doch ſo viel er beurtheilen konnte, die gewöhnliche Declination zeigend. — Die zuerſt beobachteten Meteore waren von röthlicher Farbe. Eine halbe Stunde nach angefangener Beobachtung ſchien ſich die Zahl derſelben verdoppelt zu haben, was er aus dem Vergleiche derſelben mit einer gewiſſen als Marke dienenenden Anzahl von Sternen ſchloß. Sie alle gingen anſcheinend von einer kreisrunden ſüdöſtlich vom Zenith liegenden Stelle aus. Die Stelle war heller als die anliegenden Theile des Himmels und anfangs nur klein; ſie vergrößerte ſich aber allmälig immer mehr und mehr, ſo daß ſie am Ende der Beobachtungen viele Male größer war als anfangs. Innerhalb dieſes Raumes war er, ſo lange er aufrecht ſtand, nicht vermögend, irgend ein Meteor zu entdecken; als er ſich aber auf den Rücken hinlegte, konnte er darin viele kurze Lichtlinien wahrnehmen, welche ſich träge bewegten und hauptſächlich auf den nördlichen Theil jenes Raumes beſchränkt waren. Nach 3 Uhr beſtieg Palmer den Weſt-Rock, eine Anhöhe nahe bei ſeinem Wohnhauſe von etwa 200 Fuß. Er konnte aber daſelbſt nichts Beſonderes wahrnehmen, außer daß dort die Meteore weniger zahlreich erſchienen. Er blieb eine Viertelſtunde daſelbſt und kehrte dann zurück. — Von 3 bis 4 Uhr war die Luft ruhig, allein um 4 Uhr bließ auf kurze Zeit ein ſtarker

bar blieben. Die erſte Varietät wird in verſchiedenen Berichten als ein Schneien von Feuer bezeichnet. Es heißt auch, in 10 bis 12 F. Entfernung über der Erde ſeien ſie wie Raketen zerſprungen. Die Angabe der Entfernung beruht wahrſcheinlich auf Geſichtstäuſchung. Was die leuchtenden Körper betrifft, ſo ſah z. B. Peaſe zu Poland im Staat Ohio einen leuchtenden Körper, welcher anſcheinend 20 F. lang, 18 Zoll breit und von der Geſtalt eines Gartenmeſſers war, der im Sternbild des großen Bären erſchien und über eine Stunde ſichtbar blieb. Er ſenkte ſich langſam nach dem Horizonte. Parſon ſah am Niagarafall in der Nähe des Zenith ein leuchtendes Quadrat, welches

---

Stoßwind aus Nordweſt, und gleich darauf vermehrten ſich die Meteore zum Erſtaunen. Um dieſe Zeit, nämlich um 4 Uhr mochte die Erſcheinung wohl ihr Maximum erreicht haben. — In mäßigen Zeiträumen kehrten die Windſtöße wieder, immer mit geringerer Kraft und jedesmal veranlaßten ſie eine wahrnehmbare Vermehrung der Meteore. Die Lichtſchweife, welche die explodirenden Feuerkugeln hinter ſich ließen, waren meiſtens gelblich, zuweilen aber auch röthlich. In der Mitte waren die Schweife am breiteſten. Zu verſchiedenen Zeiten hörte er eine Anzahl ſchwacher Exploſionen, gewöhnlich dem Geräuſch einer Klatſchbüchſe der Kinder gleichend, und nicht unähnlich dem einer Rakete. Ihnen folgte ein beſonderer Geruch, welchen die ganze Geſellſchaft, aus vier Perſonen beſtehend, verſpürte, und einer von dieſen mit dem Geruch von Schwefel oder Zwiebeln verglich. Die Meteore, welche dieſes Geräuſch hervorbrachten, gingen alle in einer nordweſtlichen Richtung. Zwei von ihnen hatten einen wohl begrenzten Kern, von der Größe einer Obertaſſe. Ihr Licht war mehrmals ſo ſtark, daß Palmer die Farbe des Bartes eines ſeiner Begleiter erkennen konnte. Sie gingen bis unter die Wipfel der etwa 25 Ruthen entfernten Bäume, und gaben einen Paff, genau ehe ſie die Bäume erreichten. Eins der Meteore ſchien eine Scheune zu treffen und gab einen lauteren Paff als alle übrigen. — Im Oſten zeigte ſich, vom Beginne der Beobachtungen an, fortwährend ein nordlichtartiger Schein, ähnlich der Morgendämmerung. — Kurz vor fünf Uhr verſuchte Palmer den größten Kreis, welcher durch den Mittelpunkt der Strahlung und durch den Nord- und Südpunkt ging, mittels eines Theodolithen roh in beſtimmte Stücke zu theilen. Von denjenigen Meteoren, welche ihre Bahn am Himmel vorzeichneten ſank keins unter eine Höhe von 37° herab. Die, welche in den Raum von 37° bis 57° Höhe fielen, hatten eine röthliche Farbe und längere Schweife als die übrigen. Die Schweife umſpannten einen Winkel von 40°. Meteore von gleicher Höhe hatten Schweife von gleicher Länge. In der nächſten Zone darüber (57° bis 77°) waren die Meteore bläſſer, aber zahlreicher. In der dann folgenden 25° breiten Zone (von 77° N. bis 12° S.), welche an den vorhin erwähnten kreisrunden Fleck grenzte, waren die Meteore am zahlreichſten, von weißer Farbe und mit kurzen Schweifen. Alle dieſe Beobachtungen wurden an der Nordſeite des Bogens gemacht, an der Südſeite ſchien ſich einer Schätzung nach, Alles eben ſo zu verhalten, nur waren dort die Meteore minder zahlreich.

einige Zeit beinah ſtillſtand und große Lichtſtreifen ausſendete. Geräuſch wird nur in einigen Berichten erwähnt und ſcheint in der That nur beim Platzen der Feuerkugeln vorgekommen zu ſein. Höchſt beachtenswerth ſind die Nachrichten, nach denen bei der Erſcheinung Subſtanzen herabgefallen. In der Grafſchaft Nelſon (Virginien) ſagte man einem Hrn. Garland, es ſei ein großer Waſſertropfen auf eine Tonne gefallen; er ſah ſogleich nach und fand eine Subſtanz von der Größe eines 25 Cents-Stücks, ähnlich geronnenem Eiweiß oder richtiger einer zerſtückelten thieriſchen Gallerte. — In Rahway (New-Jerſey) ſah man einen feurigen Regen den Boden treffen und fand Klumpen von Gallerte. — In Newark (New-Jerſey) fand man gleich nach Sonnenaufgang eine gallertartige Maſſe, die man wegen ihrer ſonderbaren Textur für meteoriſchen Urſprungs hielt. Sie glich weicher Seife, hatte wenig Elaſticität und verdampfte, als man ſie erwärmte, ſo leicht als Waſſer Es ſchien, als ſei dieſe Maſſe mit bedeutender Kraft auf den Boden gefallen. — Zu Weſt-Point ſah eine Frau, die bei Sonnenaufgang Milchen ging, etwas vor ſich niederfahren. Sie fand eine runde abgeplattete Maſſe von der Größe einer Obertaſſe, kleiſterähnlich, und ſo klar, daß ſie den Boden dadurch erblicken konnte. Als ſie um 10 Uhr nach derſelben Stelle zurückkehrte, war keine Spur von der Maſſe wieder zu finden. Ein Knabe fand indeß an der Stelle kleine, unregelmäßig geformte Körper von der Größe eines Schrotkorns oder Nadelknopfs, die beim Aufheben zu Pulver zerfielen. — In Hartford ſoll ein Bürger durch eine gegen ſeine Fenſter ſchlagende Feuerkugel geweckt worden ſein. — Auch Paine bemerkt in ſeinem Briefe an Prof. Schumacher, ein ſehr unterrichteter Mann in einem der nördlichen Bezirke von Philadelphia habe mehrmals eine Subſtanz auf die Erde fallen geſehen, ſie aufgenommen und aus einer ſehr durchſichtigen Gallerte beſtehend gefunden. Dieſe Angaben ſind zu übereinſtimmend, als daß von einem Irrthum die Rede ſein könnte. Ueberdieß ſchließen ſich noch andere Beobachtungen an. Chladni fand gallertartige leuchtende Maſſen, welche er für Irrlichter hielt. Ein Beiſpiel einer ähnlichen vom Himmel gefallenen Maſſe habe ich im Art. Irrlichter erwähnt, und ſeitdem habe ich auch noch von anderen Augenzeugen, höchſt unbefangenen Menſchen, ganz übereinſtimmende Nachrichten eingezogen. Auch wird ein hierher gehöriges Beiſpiel neuerdings in Poggendorffs Annalen erzählt.*) Fällt nun

*) Der Augenzeuge erzählt: „als ich (zwiſchen Friemar und Gotha am 6. Sept. 1835 nach 12 Uhr in einer ſtillen Nacht) mehre Erſcheinungen (von Sternſchnuppen) in der Atmoſphäre beobachtet hatte, ſah ich auf einmal in SW., ungefähr 80 Grade (?) über dem Horizonte, eine Sternſchnuppe, die aber nicht wie die vorigen ein gelblich rothes, ſondern ein ſchön hellblaues Anſehen hatte, beſonders bei ihrem Verlöſchen; die auch nicht in mehr horizontaler, ſondern faſt ſenkrechter Richtung herabfiel. Es ſchien mir als bewege ſie ſich anfangs aufwärts, und beſchreibe ſomit einen kleinen Bogen, gleichſam wie eine abgeſchoſſene Rakete, dann aber bewegte

wirklich in den Sternſchnuppen eine Subſtanz vom Himmel, und ſind dieſelben ihrem Urſprunge nach identiſch mit den Feuerkugeln, aus denen die Meteorſteine fallen (ſ. d. Art. Steine vom Himmel), ſo daß die letzteren nur weiter ausgebildete, vollendetere Producte deſſelben Proceſſes ſind, welcher auch die Erzeugung der Sternſchnuppen bedingt, ſo würde keine Frage mehr ſein, daß die Feuerkugeln ſelbſt erſt, wie Chladni, von Hof, u. a. (wenn auch in den Details mit abweichenden Vorſtellungen) annehmen, in dem Weltraume ſelbſt erſt gebildet werden, nicht aber vom Monde oder einem anderen Planeten ihren Urſprung ableiten, wie Berzelius darzuthun bemüht geweſen.

Aus den Beobachtungen des Phänomens von 1833 geht noch hervor, daß die Atmoſphäre ſich während deſſelben in einem ſehr elektriſchen Zuſtande befand. Palmer's Beobachtung (ſ. Anm. S. 609.) ſpricht hierfür und Liefland zu Poland (Ohio) ſah um 10 Uhr Abends bei der geringſten Bewegung Funken aus ſeinen Kleidern ſpringen; zu Lynchburg divergirte das Goldblattelektrometer und der Pendel der Zamboniſchen Säule ging ſchneller u. ſ. w. Auch beobachtete man einigen

---

ſie ſich mit beſchleunigter Bewegung in einer geraden Linie gerade auf mich zu, verſchwand aber noch hoch in der Luft, zuletzt als ein ganz kleines blaues Pünktchen. — Ungefähr, als ich gegen 40 Schritte nach ihrem Verſchwinden gegangen war, kam es mir vor, als flöge eine Flintenkugel über mich hinweg, und ſogleich fiel etwa drei Fuß vor mir etwas mit heftigem Geräuſche, faſt Krachen nieder, im Umfange wie ein Teller groß, und mit ſolcher Gewalt, daß der Staub weit umherflog. — — Nun beſah ich das Heruntergefallene näher, und ſah, daß es ein Oval bildete, welches nach NO. in mehre Zacken auslief, woran ich bemerkte, daß die Maſſe in ſchiefer Richtung von SW. nach NO. herabgefallen war. Ich nahm die Finger und hob etwas davon auf; da war es fettig anzufühlen, wie Gallerte, und hatte, im Mondſcheine beſehen, ein dunkelgraues Anſehen. Der Geruch der Maſſe ſelbſt war dem einer Schwefelleber ähnlich, doch viel beiſſender, ſo daß ich faſt davon nieſen mußte. Sie hing unter ſich ſehr zähe zuſammen und war auch ganz ohne Poren. Aber trotz ihrer Zähigkeit zerlief ſie in der warmen Hand, und bildete ſich zu einer dicken Flüſſigkeit, die mir durch die Finger lief, und während meiner Betrachtung ſehr ſchnell verdunſtete. Dabei roch es, als brennten um mich herum lauter Phosphor-Schwefelhölzchen. Ich that ungefähr ſo groß wie ein Taubenei von der Maſſe in ein reines rothes Schnupftuch, welches ich bei mir trug. Die Feuchtigkeit ſchlug gleich durch daſſelbe, und die Maſſe ſelbſt geſtaltete ſich zu einem Brei, der einen fatalen beißenden Geruch um ſich verbreitete. — Am andern Morgen erſt dachte ich an mein Schnupftuch mit der Maſſe; doch von dieſer war auch nicht das Geringſte mehr zu erblicken; nur einen Flecken bemerkte ich da, wo ſie gelegen hatte, der ſcharf begrenzt war. Aber am meiſten überzeugte mich von dem Dageweſenſein der Maſſe der Phosphorgeruch, der ſich über meinen ganzen Rock verbreitet hatte. — Uebrigens iſt der genannte Fleck wieder ausgegangen, ohne die Farbe aufzulöſen.

Einfluß auf die Magnetnadel. Alle dieſe Erſcheinungen ſcheinen auf Vorgang eines chemiſchen Proceſſes in der Atmoſphäre zu deuten. Doch können namentlich die magnetiſchen Erſcheinungen auch mit der Nordlichterſcheinung zuſammenhängen, welche *Palmer* beobachtete, und die vielleicht zufällig war. Auch zu Dover in New-Hampſhire wurde ein Nordlicht beobachtet, desgl. zu Buffalo, Cincinnati, Poland. Das wichtigſte Reſultat der verſchiedenen Beobachtungen iſt endlich, daß den meiſten Beobachtern die Meteore von einem feſten Punkt am Himmel auszugehen, oder vielmehr Bahnen in ſolcher Richtung zu beſchreiben ſchienen, daß ſie rückwärts verlängert ſich in einem ſolchen Punkte getroffen haben würden. Einige verlegten dieſen Punkt in den Zenith, andere ſüdöſtlich vom Zenith, in das Sternbild des Löwen und ſahen ihn darin ſtill ſtehen, dieß Geſtirn auf ſeinem täglichen Gange begleitend. Gingen die Bahnen der Meteore von einem Punkte (ſcheinbar) aus, und hatte dieſer Punkt eine feſte Lage gegen die Sterne, nahm alſo an der Rotation der Erde nicht Theil, ſo kann man hieraus ſchließen: 1) daß die Bahnen der Meteore urſprünglich und im Allgemeinen unter ſich parallel waren, und ihre Divergenz nur auf optiſcher Täuſchung beruhte und 2) daß dieſe Meteore, obſchon ſie in die Atmoſphäre der Erde herabgehen mochten, doch kosmiſchen Urſprungs (außerhalb der Erdatmoſphäre) waren. *Encke* hat die intereſſante Bemerkung gemacht, daß der Punkt der ſcheinbaren Radiation der Meteore nahe mit demjenigen zuſammenfiel, auf welchen die Erde zur Zeit der Sichtbarkeit des Phänomens zueilte. Hiernach ſcheint es, als ſei die Erde dieſen Meteoren, die vielleicht urſprünglich keine oder nur geringe Bewegung hatten, auf ihrem Laufe um die Sonne begegnet, und aus der Wiederholung der Erſcheinung in den verſchiedenen Jahren, wird man zu der Vermuthung geführt, daß die Erde gegen Mitte Novembers auf ihrer Bahn in eine Gegend des Weltraums kommt, welche vorzugsweiſe reich an Meteoren iſt; dieſelben mögen ſich hier nun wie in einer Werkſtätte erzeugen, oder ausgebildet da ſein (*Weltſpähne* nennt ſie *Chladni*, indem er jedoch von den Meteorſteinen redet) und in die Erdatmoſphäre zum Theil hereingezogen werden. *Olmſted* hat 1834 in der Nacht vom 13. bis 14. Nov. das Phänomen, obſchon ſchwächer und minder anhaltend wieder beobachtet. Vielleicht war der Mondſchein hinderlich mehr zu ſehen. Auch dießmal zeigte ſich ein Mittelpunkt des Phänomens, der abermals im Sternbilde des Löwen lag. 1835 in der Nacht vom 13. bis 14. Nov. fiel der erwähnte Meteorſtein im Dep. Ain (vergl. auch d. Art. *Steine vom Himmel* S. 597) und *Delezenne* ſah zu Lille eine Sternſchnuppe größer und glänzender als Jupiter, die auf ihrer Bahn einen Zug von Funken hinterließ. *Olmſted* ſah zu New-Haven nichts bemerkenswerthes, berichtet aber, daß an mehren Punkten der Vereinigten Staaten eine ungewöhnliche Zahl von Sternſchnuppen geſehen wurde. Am Kap der guten Hoffnung ſah *Herſchel* am 14. Nov. vier ungewöhnlich große Sternſchnuppen. Die vierte hinterließ einen ſchmalen und ſichtbar geſchlängelten Lichtſtreif, der 20 Minuten lang ſichtbar blieb.

Stickſtoff (Salpeterſtoff, Salpeterluft, verdorbene Luft, Azot, Alkaligen) wurde zuerſt als eigenthümlicher Stoff von Rutherford in Edinburg erkannt. Schon lange wußte man, daß durch Verbrennen und Athmen die atmoſph. Luft verdorben und für beides untauglich gemacht werde, doch nannte man ſolche Luft gemäß der Anſicht von Stahl, dephlogiſtiſirte Luft, bis Scheele und Lavoiſier 1775 die Zuſammenſetzung der atmoſphär. Luft aus Sauerſtoff und Stickſtoff nachwieſen.

Der Stickſtoff iſt in der Natur als Beſtandtheil der atmoſphär. Luft, als Baſis der Salpeterſäuren, ferner des Ammoniaks, namentlich als Beſtandtheil der meiſten thieriſchen Subſtanzen ſehr verbreitet. Man erhält ihn am leichteſten durch Abſorption des Sauerſtoffs aus der atmoſphär. Luft, z. B. wenn man Phosphor unter einer Glasglocke anzündet, und dann den Kohlenſäurengehalt durch Alkalien entfernt. Er iſt ein farbloſes, geruch- und geſchmackloſes Gas, etwas leichter als atmoſphär. Luft, zu der er ſich wie 0,9724 : 1 verhält, bricht das Licht etwas ſtärker als atmoſphär. Luft, iſt weder verbrennlich noch verbrennend, läßt ſich für ſich nicht athmen und verändert Pflanzenfarben nicht. Gegen andere Körper verhält er ſich ziemlich indifferent, verbindet ſich nur mit wenigen Stoffen, und dieſe Verbindungen werden meiſt leicht, nicht ſelten plötzlich unter Exploſion, aufgehoben. Waſſer abſorbirt an Stickgas bei gewöhnlicher Temperatur ungefähr $\frac{1}{24}$ ſeines Volumens. Unter den wenigen Verbindungen des Stickgaſes ſind die namhafteſten die mit Sauerſtoff und Waſſerſtoff. Sauerſtoffverbindungen kennt man fünf: Stickoxydul, Stickoxyd, unterſalpetrichte Säure, ſalpetrichte Säure und Salpeterſäure. Die atmoſphäriſche Luft wird von einigen als Suboxyd des Stickſtoffs, von andern als ein (nicht chemiſches) Gemenge von Sauerſtoff u. Stickſtoff betrachtet. Gewiß iſt, daß das Verhältniß der Miſchung 79 Volumina Stickgas bei 21 Volumen Sauerſtoffgas, oder dem Gewichte nach 76,7 Stickſtoff und 23,3 Sauerſtoff ſich unter allen Umſtänden gleich bleibt. Außerdem enthält die atmoſph. Luft noch eine veränderliche Menge (etwa $\frac{1}{1000}$ Vol.) Kohlenſäure und andere zufällige Beſtandtheile. Früher glaubte man, das Verhältniß wechſele, und erfand deßhalb Inſtrumente, um die Güte der Luft, d. i. ihren Gehalt an Sauerſtoff zu meſſen; woher dieſe Inſtrumente den Namen Eudiometer erhielten (ſ. d. Art. Atmoſphäre u. Sauerſtoff). Das eigentliche Stickoxydul (dephlogiſtiſirtes Salpetergas, Luſtgas, oxydirtes oder oxydulirtes Stickgas), 1776 von Prieſtley entdeckt, erhält man durch Erhitzung von reinem neutralen, ſalpeterſaurem Ammoniak in einem pneumatiſchen Apparat, wobei man das Gas über warmem Waſſer auffangen muß. Es iſt ein farbloſes Gas von 1,5277 ſpec. Gew., eigenthümlich angenehmem Geruch und Geſchmack, welches ſich eine Weile einathmen läßt, und eine Art fröhlichen Rauſches, auf den aber große Abſpannung folgt, bewirkt. Es läßt ſich durch ſtarken Druck u. Erkältung tropfbar flüſſig darſtellen, iſt nicht ſelbſt brennbar, unterhält aber das Brennen ſehr lebhaft, und wird vom Waſſer bis beinahe zu gleichem Volumen abſorbirt. In Amerika ſoll man mit dieſem

Gaſe gelungene Verſuche zu Heilung melancholiſcher Perſonen angeſtellt haben.

Stickoxyd (Salpetergas, nitröſe Luft), Product des Zuſammentreffens der Salpeterſäure mit vielen verbrennlichen Stoffen, auch des über glühenden Braunſtein geleiteten Ammoniaks, erſcheint als farbloſes, unangenehm und erſtickend riechendes Gas von 1,0416 ſpec. Gew., welches nicht brennbar, das Verbrennen organiſcher Körper, mit Ausnahme von brennendem Phosphor, Kohle oder Kalium, nicht unterhält, nicht athembar, ſchnell tödtlich wirkt, und Lackmus röthet. An der Luft erzeugt es rothe Dämpfe, ſalpetrichte Säure, indem es der Luft Sauerſtoff entzieht, und kann daher als empfindliches Reagens für freien Sauerſtoff betrachtet werden. — Die unterſalpetrichte Säure, früher mit der ſalpetrichten verwechſelt, wurde 1816 zuerſt von Dulong entdeckt. Sie bildet ſich durch Berührung einer ſtarken Baſe, z. B. Aezkaliauflöſung mit Stickſtoffoxyd, unter Abſcheidung von Stickoxydul, und iſt eine in ſtarker Kälte tropfbare, farbloſe, bei gewöhnlicher Temperatur grüne, ſehr flüchtige Flüſſigkeit, welche durch Waſſer in Salpeterſäure und Stickoxyd zerlegt wird, und mit den Baſen die unterſalpetrichten Salze bildet. Die ſchon oben erwähnte ſalpetrichte Säure, zuerſt von Scheele 1774 als von der Salpeterſäure verſchieden erkannt, entſteht durch Zuſammentreffen des Stickoxyds mit Sauerſtoff im trockenen Zuſtande, ferner bei vorſichtiger Rectification der rauchenden Salpeterſäure, Zerſetzung der Salpeterſäure durch Licht u. ſ. w., und iſt eine bei ſtarker Kälte tropfbarflüſſige und farbloſe, bei erhöhter Temperatur gelb, dann orange ſich färbende Säure, von 1,42 ſpec. Gew., welche ſchon bei 22° R. kocht, und ſich in einen dunkelgelbrothen, ſchwerzuverdichtenden Dampf verwandelt. Sie röthet ſtark Lackmus, färbt organiſche, beſonders thieriſche Stoffe gelb, u. hat einen unangenehmen, ſchnell erſtickenden Geruch. Durch Waſſer, ſowie durch Alkalien wird ſie in unterſalpetrichte Säure, Salpeterſäure und Stickoxyd zerlegt, kann ſich alſo mit ihnen nicht verbinden. Die fünfte Sättigungsſtufe des Stickſtoffs mit Sauerſtoff endlich iſt die Salpeterſäure (Salpetergeiſt, Scheidewaſſer). Schon Geber kannte ſie im 8. Jahrh., Reymund Lullius im 13. Jahrh. lehrte ihre Bereitung durch Zerlegung des Salpeters mit Eiſenvitriol, Baſilius Valentinus bereitete ſie aus Salpeter und Thon, Glauber durch Zerlegung des Salpeters mittels Schwefelſäure, bis endlich Lavoiſier 1776 ihre Zuſammenſetzung, und Cavendiſh 1785 ihre Bildung aus Stickſtoff und Sauerſtoff nachwieß. Die Salpeterſäure findet ſich in der Natur häufig, obwohl immer an Baſen gebunden, in den ſalpeterſauren Salzen. Sie bildet ſich bei anhaltendem Electriſiren eines Gemengs von Stickſtoff und Sauerſtoff, (nach Liebig auch bei Gewittern), ferner beim Faulen ſtickſtoffhaltiger organiſcher, beſonders thieriſcher Körper in Berührung mit der atmoſph. Luft u. ſ. w. — Die gewöhnlichſte Bereitungsart der concentrirten Salpeterſäure iſt das Uebergießen von 102 Theilen trockenen Salpeters mit 98 Theilen einfachen Schwefelſäurehydrats (engliſcher Schwefelſäure) in einer Retorte, und Deſtillation dieſes Gemenges, wobei ſich ſchwefelſaures Kali bildet,

und Salpeterſäure übergeht. Nimmt man weniger Schwefelſäure oder rauchendes Vitriolöl, ſo erhält man die rauchende Salpeterſäure (rauchenden Salpetergeiſt). Die reine Salpeterſäure iſt bei gewöhnlicher Temperatur tropfbarflüſſig, farblos, und im concentrirteſten Zuſtande beſitzt ſie ein Gewicht von 1,5 bis 1,53. Sie gefriert in ſtarker Kälte, ſiedet ſchon bei 70° R., hat einen ſchwachen, unangenehmen Geruch, wirkt ſehr ſauer und ätzend, röthet Lackmus und vergilbt u. zerſtört faſt alle organiſchen Stoffe. Völlig waſſerfrei läßt ſie ſich nicht darſtellen; ſelbſt die concentrirte Säure zieht mit Begierde Waſſer aus der Luft an. Sie erhitzt ſich beim Vermiſchen mit Waſſer beträchtlich, noch mehr mit Weingeiſt, während eine mäßig verdünnte Säure mit Schnee, Kälte hervorbringt. Bei Vermiſchung mit wenig Waſſer färbt ſich die Säure anfangs grün, dann blaugrün, und bei noch mehr Waſſer verſchwindet zuletzt alle Farbe. Folgende Tabelle über den Procentgehalt wäſſeriger Salpeterſäure an waſſerfreier, bei verſchiedenem ſpecif. Gewicht, möge hier ihren Platz finden:

Spec. Gew.	Säure-Procent.	Spec. Gew.	Säure-Procent.
1,513	85,7	1,300	40,6
1,498	84,2	1,283	38,5
1,478	72,9	1,252	34,2
1,434	62,9	1,234	31,8
1,422	61,9	1,215	29,5
1,376	51,9	1,152	21,5
1,353	48,7	1,122	17,5

Zum mediciniſchen Gebrauch muß die Säure ein ſpecif. Gewicht von 1,23 haben. Ein Gemiſch aus 1 Theil concentrirter Säure und 2 Theilen Waſſer, heißt Scheidewaſſer, wirkt zwar minder ätzend als die concentrirte Salpeterſäure, aber innerlich genommen noch giftig. Die Salpeterſäure iſt ſehr leicht zerlegbar, ſowohl durch das Licht, wobei ſie Sauerſtoff entwickelt, und ſich gelbroth färbt, als durch Weißglühhitze, wobei ſie in Sauerſtoff und Stickſtoff zerfällt, ferner durch alle verbrennlichen Körper ſowohl bei gewöhnlicher, als bei erhöheter Temperatur, wobei gewöhnlich Stickoxyd oder ſalpetrichte Säure frei wird. Für die Metalle iſt die Salpeterſäure eins der kräftigſten Auflöſungsmittel. Mit den Baſen bildet die Salpeterſäure die ſalpeterſauren Salze, die man im Allgemeinen unter dem Namen Salpeter begreift. Dieſe haben meiſt einen kühlenden Geſchmack; die neutralen ſind im Waſſer löslich. Sie fällen im verdünnten Zuſtande keine Metallſalze, und werden in der Hitze zerlegt, wobei die ſalpeterſauren Alkalien anfangs reines, ſpäter mit Stickgas vermengtes Sauerſtoffgas, alle übrigen Sauerſtoff mit ſalpetrichter oder Salpeterſäure vermiſcht, liefern, indeß die Baſe oxydirt zurückbleibt, oder ſich wie bei den edlen Metallen reducirt. Mit verbrennlichen Körpern verpuffen die ſalpeterſauren Salze bei Erhitzung bis zum Glühen, zuweilen durch den bloßen Schlag, oft unter heftiger Explosion, gewöhnlich unter Er-

zeugung gas- und dampfförmiger Produkte. Schwefelſäure, in der Hitze auch Phosphor-, Fluß- u. Arſenikſäure zerlegen die ſalpeterſauren Salze, auch überſchüſſige Salzſäure, wobei Chlor frei und ſalpetrichte Säure und ſalzſaure Salze gebildet werden. — Die *rauchende Salpeterſäure*, ein Gemiſch von ſalpetrichter und Salpeterſäure, von dunkel orangegelber Farbe, ſtößt an der Luft häufige dunkelrothe Dämpfe (ſalpetrichte Säure) aus, und wird durch vorſichtiges Deſtilliren in ſalpetrichte Säure, die zuerſt übergeht, und Salpeterſäure zerlegt. Uebrigens beſitzt ſie gleiche Eigenſchaften, wie die concentrirte Säure.

Mit Waſſerſtoff kennt man nur eine Hauptverbindung des Stickſtoffs, das *Ammoniak* (*flüchtiges Alkali*, oder *alkaliſche, urinöſe Luft*). *Black* ſtellte 1756 zuerſt das wäſſerige Ammoniak, *Prieſtley* das gasförmige dar. In der Natur findet es ſich nicht an und für ſich, ſondern nur an Baſen oder Säuren gebunden, ſo mit Salzſäure im Salmiak, mit Phosphorſäure im Urin, auch in mehren thonigen eiſenoxydhaltigen Mineralien, in der Luft vorzüglich, wo ſtickſtoffhaltige organiſche Subſtanzen faulen. Es bildet ſich ferner beim Verbrennen ſtickſtoffhaltigen Sauerſtoffs mit überflüſſigem Waſſerſtoffgas, oder wenn man feuchtes Salpetergas über glühendes Eiſen leitet. Gewöhnlich bereitet man es, indem man ein Gemenge von Salmiak und Kalk in einem pneumatiſchen Apparate erhitzt, und das ſich entwickelnde Gas über Queckſilber auffängt. Dieſes Gas iſt farblos, von 0 5902 ſpecif. Gew., 1570mal leichter als Waſſer, und wird nach *Guyton-Morveau* und *Faraday* bei — 42° R. tropfbarflüſſig. Dieſes tropfbarflüſſige Ammoniak erſcheint dann als farbloſe, ſehr bewegliche, äußerſt flüchtige Flüſſigkeit, von 0,76 ſpecif. Gew., welche aber bei ſehr geringer Temperaturerhöhung unter ſtarker Erkältung ſich wieder in Gas verwandelt. Eigenthümlich iſt dem Ammoniak der ſtechend urinöſe Geruch, der in geringer Menge erweckend, in bedeutender erſtickend wirkt. (Engliſches Riechſalz, ein Gemenge von 1 Th. Salmiak und 2 Th. Kalk mit etwas Waſſer befeuchtet, wozu man gewöhnlich einige Tropfen wohlriechenden Oels ſetzt). Selbſt wenig brennbar, unterhält es das Verbrennen nicht, läßt ſich nicht einathmen, und wirkt tödtlich auf das animaliſche Leben, ſchmeckt kauſtiſch, iſt ſchwach ätzend, und reagirt ſtark alkaliſch. Durch anhaltendes Elektriſiren wird es in Stickſtoff und Waſſerſtoff zerſetzt. In Chlorgas verbrennt es bei gewöhnlicher Temperatur zu Salmiak, wobei Stickſtoff frei wird. In der Hitze zerſetzt es ſich mit vielen Metalloxyden, wobei das Metall reducirt, Waſſer gebildet, und Stickſtoff frei wird. Ueber glühende Kohlen geleitet, bildet es Blauſäure. Das Ammoniakgas wird vom Waſſer begierig unter Wärmeentwickelung, bis zum 670fachen Volumen abſorbirt. Das auf dieſe Weiſe gebildete *wäſſrige Ammoniak* (ätzender Salmiakgeiſt) ſtimmt in ſeinen Eigenſchaften dem Weſen nach mit denen des Gaſes überein. Sein ſpecif. Gew. beträgt bei vollkommener Sättigung 0,872; es gefriert in ſtarker Kälte, und verliert dabei faſt ganz ſeinen Geruch; beim Erhitzen, auch ſchon bei gewöhnlicher Temperatur, entweicht das Gas. Da es oft von Nutzen ſein kann, den

Gehalt des wäſſerigen Ammoniaks an Gas zu kennen, ſo ſchalten wir hier folgende von *Geiger* zuſammengeſtellte Tabelle ein.

Spec. Gew. der Flüſſigkeit.	Ammoniak-Procente.	Spec. Gew. der Flüſſigkeit.	Ammoniak-Pocente.
0,8720	32,5	0,9476	13,46
0,8875	29,25	0,9513	12,40
0.9000	26,00	0,9545	11,56
0,9054	25,37	0,9573	10,82
0,9166	22,07	0,9599	10.17
0,9255	19.54	0,9619	9,60
0,9326	17,52	0,9692	9,50
0,9385	15,88	0,9713	7,17
0,9435	14,53		

Der officinelle Salmiakgeiſt muß ein ſpecif. Gew. von 0,96 beſitzen. Man wendet ihn theils für ſich als Dampf, theils ſehr verdünnt, äußerlich und innerlich an. Mit fetten Oelen verſetzt, gibt er das ſogenannte flüchtige Liniment. — Mit Säuren bildet das Ammoniak die Ammoniakſalze, farbloſe, ſtechend ſalzige, im Waſſer, zum Theil auch in Weingeiſt lösliche Körper, die durch Feuer entweder verflüchtigt oder zerlegt werden, und mit Salzen, die fixe Baſen enthalten, gern Doppelſalze bilden. Als merkwürdiger Verbindung muß noch des *Ammoniumamalgams* gedacht werden, welches ſich bildet, wenn concentrirtes wäſſeriges Aetzammoniak den Polen der Galvaniſchen Säule ausgeſetzt wird, und der Draht am negativen Pole in ein Queckſilberkügelchen ausgeht. Dieſes ſchwillt dann um das 6- bisweilen ſogar 100 fache auf, und bildet eine dicke, geſättigte, faſt feſte, kryſtalliniſche, ſehr leichte Maſſe, welche aber noch ganz metalliſch ausſieht, und ſehr leicht zerſetzbar iſt. Ins Waſſer geworfen, entwickelt es raſch Waſſerſtoffgas, Ammoniak tritt an das Waſſer, und das Queckſilber erlangt ſeine urſprüngliche Beſchaffenheit wieder. Ueber die Natur der Zuſammenſetzung dieſes merkwürdigen Produkts ſind die Naturforſcher noch ſtreitig. Endlich möge noch zuletzt eine Verbindung des Stickſtoffs mit Stickſtoff genannt werden, das *ſalpeterſaure Ammoniak* (*brennbare Salpeter*), welches im 17. Jahrh. von *Glauber* entdeckt wurde. Es entſteht durch Sättigung des reinen oder kohlenſauren Ammoniaks mit Salpeterſäure und Kryſtalliſiren der neutralen Flüſſigkeit, und erſcheint in farblos durchſichtigen ſechsſeitigen Säulen mit ſechsflächiger Zuſpitzung, oder in dünnen, biegſamen, faſerigen Nadeln, von ſcharfem, ſalzigem, bitterlich kühlendem Geſchmack. Es zerfällt bei gelinder Erhitzung in Stickoxydul und Waſſer, und verbrennt auf glühenden Kohlen unter ſchwacher Exploſion mit gelbem Licht. Im Waſſer iſt es leicht löslich, und zerfließt an der Luft, daher es in verſchloſſenen Gefäßen aufbewahrt werden muß.

In der neueſten Zeit hat namentlich *Berzelius* angefangen, die Einfachheit des Stickſtoffs, wegen ſeiner Indifferenz gegen andere Kör-

per zu bezweifeln, doch iſt man darüber noch zu keinem entſchiedenen Reſultate gekommen.

Stoßheber, hydrauliſcher Widder, iſt ein von Montgolfier 1797 erfundenes Inſtrument, welches eben ſo ſehr durch das neue Prinzip, auf dem es beruht, als durch die zahlreichen Vortheile die es darbietet, merkwürdig iſt. Iſt irgend ein feſter oder flüſſiger Körper von einer gewiſſen Geſchwindigkeit beſeelt, und werden einige ſeiner Theile angehalten, ſo werden augenblicklich alle übrigen, welche nicht direkt angehalten wurden, auf jene verſchiedene Wirkungen äußern. Diejenigen, welche voraus ſind, ſtreben jene nach ſich zu ziehen, oder ſich von ihnen los zu reißen; diejenigen welche zurück ſind, ſtürzen ſich, indem ſie auch ihren Lauf fortſetzen wollen, in Folge der erlangten Geſchwindigkeit vorwärts und es werden die einen die andern drücken, während ſie zugleich die unbeweglichen Theile drücken. Ein Pfeil z. B. der von einer reißenden Geſchwindigkeit beſeelt iſt, und plötzlich in der Mitte feſtgehalten wird, erleidet in ſeiner vorderen Hälfte, welche den feſtgehaltenen Theil fortzureißen ſtrebt, einen Zug der ganzen Länge nach, welcher ihn zerreißen könnte, wenn die Geſchwindigkeit groß genug wäre. Der hintere Theil des Pfeils dagegen ſtrebt den angehaltenen Theil fortzuſtoßen und erleidet ſeiner ganzen Länge nach einen Druck, und alle Querſchnitte deſſelben werden die einen wider die andern geſtoßen. Eben ſo, wenn eine Waſſerſäule in einer Röhre in Bewegung iſt, und ein Hinderniß ſie plötzlich anhält, ſo drückt ſie dieſes Hinderniß nach Maßgabe der von ihr erlangten Geſchwindigkeit; der erſte Querſchnitt, welcher das Hinderniß berührt, iſt alsbald angehalten,*) und wird ſeinerſeits durch den auf ihn folgenden Querſchnitt gedrückt und ſo geht es fort bis zum Ende der bewegten Flüſſigkeitsſäule; während dieſer ſehr kurzen Zeit erfährt die Röhre einen Ueberſchuß des Seitendruckes, welcher von der Größe ihres Durchmeſſers u. der Geſchwindigkeit der Flüſſigkeit abhängt, und dieſer durch die Anhaltung der Bewegung erzeugte Ueberſchuß des Druckes wird zur bewegenden Kraft beim Stoßheber. TT′ (Fig. 317.) iſt eine Röhre, in welcher ſich das Waſſer einer Quelle mit einer Geſchwindigkeit bewegt, die von der Höhe des Falles abhängt, ſie heißt der Körper des Widders. Das Waſſer würde durch die Oeffnung V fließen, wenn kein Hinderniß entgegen ſtände, und würde das Niveau NN′ erreichen, welches das natürliche Niveau unter dem Falle iſt; aber gegen dieſes Ende der Röhre werden verſchiedene Stücke befeſtigt, welche den Kopf

---

*) Das Prinzip des Sprungkegels (ſ. d. Art.) iſt offenbar daſſelbe; hier hält aber nur die Schwere die bewegte Waſſermaſſe auf, dieſe hat durch die Bewegung ſelbſt einen Ueberſchuß an Kraft über die Schwere erlangt, beſiegt dieſe daher und ſpringt auf mit abnehmender Geſchwindigkeit bis zu derjenigen Höhe, wo die Schwere die durch die Geſchwindigkeit erlangte Kraft aufwiegt.

des **Widders** bilden. S iſt das Ventil, welches das Waſſer aufhält, doppelt ſo dicht als das Waſſer iſt, und durch das Waſſer vermöge ſeiner Geſchwindigkeit gehoben werden kann, ſo daß es die Oeffnung V vollkommen feſt verſchließt. Wenn das Ventil S geſchloſſen iſt, ſo geht das Waſſer durch die Leitung z und erhebt ſich in das Gefäß BB′, von wo es durch die Klappe C in das große glockenförmige Gefäß HH′ gelangt. Von hieraus kommt es endlich in die Steigröhre DEK. Hier würde es ſtehen bleiben, ſobald es bis zur Höhe des oberen Niveaus des Falles gelangt wäre, wenn keine bewegende Kraft vorhanden wäre, die es höher zu treiben vermöchte. Dieſe Kraft entwickelt ſich aber auf folgende Weiſe. Nachdem das Waſſer der Quelle durch ſeinen natürlichen Ausfluß eine hinreichende Geſchwindigkeit erreicht hat, erhebt es das Ventil S und ſchließt die Oeffnung V, dann drückt der durch die Aufhaltung der Bewegung erzeugte Seitendruck mit einer gewiſſen Kraft auf alle Punkte der Wand der Röhre. Dieſer Druck treibt die Flüſſigkeit in z, die Klappe C hebt ſich und das Waſſer tritt in die Glocke HH′; die Zeit dieſes Steigens wird einiger Maßen durch die elaſtiſche Gegenwirkung aller Theile des Apparats verlängert. Alsbald ſinken die Klappe C und das Ventil S durch ihre Schwere wieder herab, jene ſchließt die Oeffnung des Gefäßes BB′, dieſes öffnet die Ausgußmündung V. Alle bisher ſchnell aufeinander folgenden Wirkungen machen zuſammen einen Stoß des **Widders** aus. So wie das natürliche Ausfließen wieder begonnen hat, beſchleunigt ſich alsbald die Geſchwindigkeit wieder, das Ventil S wird aufs neue gehoben und dieſelben Erſcheinungen treten wieder auf.

Man überſieht leicht, daß die Luft in HH zuſammengedrückt wird, und nun ihrerſeits zur weitern Emporhebung des Waſſers in der Röhre DEK wirkt. Man beſtimmt durch Verſuche die Anordnung der einzelnen Stücke und namentlich den Spielraum, welchen das Ventil S erhalten muß, um die größtmögliche Wirkung zu erhalten. Die Grenze der Höhe, bis zu welcher man mit Hilfe dieſes Apparates das Waſſer heben kann, hängt von dem Durchmeſſer der Röhre ab, und von der Geſchwindigkeit, welche das Waſſer erlangen kann, indem es ſie durchſtrömt. Man erblickt in a einen Pumpenſtock, welcher dient Luft zu liefern, um die Luft in A im Gefäß BB′ zu erſetzen, welche ſich allmählig zerſtreut; die Luft tritt durch ſich ſelbſt und das Spiel des Apparates ein.

Die Anwendung des Stoßhebers im Großen zur Hebung bedeutender Waſſermaſſen iſt namentlich in Frankreich unternommen worden. Ihr ſteht beſonders der Umſtand entgegen, daß durch das Ventil S ein bedeutender und unangenehm ſtörender Waſſerverluſt herbeigeführt wird. Im Kleinen zu phyſikaliſchen Experimenten kann man den Stoßheber ganz von Glas ausführen, wie Fig. 318. zeigt, wo B das Waſſergefäß iſt, welches ſich durch die Röhre A ergießt, b das Stoßventil, a die Oeffnung in das Gefäß C, welches ganz einem Heronsball (ſ. d. Art. Springbrunnen) gleicht und als ſolcher wirkt, indem die Luft in ihm durch das eindringende Waſſer verdichtet wird, C endlich die das Waſſer abführende Röhre iſt. Man kann das Waſſer aus die-

ſer zu beträchtlicher Höhe wie aus einem Heronsbrunnen ſpringen laſſen. Eine andere Art Stoßheber (Fig. 319.) ſchlug gleichfalls Montgolfier vor. Hier zieht eine Heberröhre (ſ. d. Art. Heber) abc das Waſſer aus A nach B, ſtößt aber dabei an das Ventil g, welches ſich abwechſelnd hebt und ſchließt, und dadurch ein Strömen des Waſſers durch das Ventil k und die Mündung d in das höherſtehende Gefäß C bewirkt.

Stroboſkopiſche Scheibe, die, iſt ein vor wenigen Jahren gleichzeitig von Stamfer und Plateau (unter dem Namen Phänakiſtakop, Phantasmaſkop, Phantaſkop) erfundene intereſſante und lehrreiche Spielerei, von der Poggendorf nachſtehende Beſchreibung und Erklärung gibt. Die ſtroboſkopiſche Scheibe iſt eine Pappſcheibe, welche gegen ihren Umfang hin mit einer gewiſſen Anzahl rechteckiger Oeffnungen verſehen, und auf der einen Seite mit verſchiedenen Figuren, menſchlichen Geſtalten, Thieren, Maſchinentheilen u. ſ. w. bemalt iſt. Wenn man eine ſolche Scheibe vor einen Spiegel ſchnell um ihren Mittelpunkt kreiſen läßt, und währenddeß mit einem Auge durch die vorübereilenden Oeffnungen ſieht, ſo erblickt man die Figuren durch Reflexion im Spiegel, aber nicht verworren durcheinander, wie es der Fall ſein würde, wenn man neben der Scheibe in den Spiegel ſähe, ſondern deutlich begrenzt und regelmäßige periodiſche Bewegungen machend, die mit dem Charakter dieſer Figuren in Uebereinſtimmung ſtehen. Sind z. B. Räder auf die Scheibe gezeichnet, wie es Fig. 320. vorſtellt, ſo gewahrt man beim ſucceſſiven Sehen durch die Oeffnungen a_1, a_2 . . a_8 die Räder 1, 2 . . 8,9 in einer doppelten Bewegung begriffen, in einer rotirenden und in einer fortſchreitenden. Aehnlich ſind die Erſcheinungen bei complicirteren Figuren z. B. menſchlichen Geſtalten; man ſieht jede derſelben die Bewegungen machen, deren einzelne Momente durch die Geſammtzahl der Figuren vorgeſtellt ſind. — Die Urſache dieſer Täuſchungen iſt ſehr einfach; ſie liegt darin, daß die Lichteindrücke in unſerm Auge eine Weile beharren, etwa 0,2 Secunde, wiewohl länger oder kürzer, nach Verſchiedenheit der Augen, der Farbe und Helligkeit des Gegenſtandes. Wenn demnach ein Gegenſtand abwechſelnd ſo lange ſichtbar bleibt, als zur Hervorbringung eines Lichteindrucks erforderlich iſt, und ſo lange verdeckt wird, als noch der gemachte Lichteindruck mit einer gewiſſen Stärke beharrt, ſo werden wir ihn ununterbrochen zu ſehen glauben, nur wird er uns dunkler erſcheinen als im Fall wir ihn wirklich ohne Unterbrechung geſehen hätten. Es iſt ferner klar, daß wir glauben werden, immer den nämlichen Gegenſtand, und zwar ruhend zu ſehen, wenn auch derſelbe bei jedesmaliger Verdeckung durch einen andern ihm völlig gleichen und genau an ſeine Stelle gebrachten erſetzt wird. Wenn aber während der aufeinander folgenden Verdeckungen der urſprüngliche Gegenſtand ſucceſſiv mit andern vertauſcht wird, unter denen der erſte von dem urſprünglichen und eben ſo jeder folgende von den ihm zunächſt vorangehenden nur darin abweicht, daß er in etwas anderer Stellung oder an einem etwas andern Orte, oder auch zugleich

in Stellung und Ort, ein wenig verſchieden gezeichnet iſt, ſo werden wir glauben, einen und denſelben Gegenſtand in derjenigen Bewegung begriffen zu ſehen, welche die verſchiedenen Stellungen und örtlichen Lagen der ſucceſſiv dem Auge dargebotenen Gegenſtände, der Reihe nach, einſchließen würde. — Dieſer Vorgang iſt es nun, welcher durch die ſtroboſkopiſchen Scheiben verwirklicht wird. Fig. 320. kann hier zur Erläuterung dienen. Sie zeigt (freilich 6 bis 8 Mal kleiner als ſie in Wirklichkeit ſein muß) eine Scheibe mit 8 Oeffnungen und 9 Rädern, welche letztere Stück für Stück gegen die benachbarten Oeffnungen erſtlich etwas mehr nach der Rechten und zweitens etwas mehr um ihre Achſe gedreht dargeſtellt ſind. Wird nun dieſe Scheibe vor einem Spiegel in Rotation verſetzt, ſo gehen die Oeffnungen und deren Zwiſchenräume ſchnell vor dem Auge vorüber, und dieſes erblickt alſo mit Unterbrechungen die vom Spiegel reflectirten Bilder der Oeffnungen und der Räder. Die Bilder der Oeffnungen zeigen ſich ihm, ſobald es nur unverrückt gehalten wird, immer an denſelben Stellen, und daher ſcheinen ſie ſtill zu ſtehen. Anders verhält es ſich mit den Rädern. Jedesmal wenn eine Oeffnung vor das Auge tritt, zeigt ſich dieſem, neben dem ſtillſtehenden Bilde der Oeffnung das Bild eines mehr rechts vorgerückten und etwas weiter um ſeine Achſe gedrehten Rades, und dadurch glaubt daſſelbe, indem es beide Veränderungen combinirt, ein fortrollendes Rad zu erblicken.*) Dieſe Täuſchung erſtreckt ſich aber nicht bloß auf das Bild des Rades, welches unterhalb der jedesmal vor dem Auge befindlichen Oeffnung gezeichnet iſt, ſondern auf alle Räderbilder, welche das Auge momentan zugleich überſieht. Sie alle ſcheinen mit gleicher Geſchwindigkeit und in gleichem Sinne fortzurollen, nur iſt jedes gegen das nachfolgende in der Phaſe ſeiner Achſendrehung etwas (im vorliegenden Beiſpiel um ein Neuntel der Peripherie) voraus. Wollte man, daß das Auge nur ein rollendes Rad erblickte, ſo müßte zwiſchen dem Siegel und der Scheibe eine Couliſſe eingeſchoben werden, die zur Zeit nur ein oder ein Paar Räder am Spiegel reflectiren

---

*) Während des Vorübergangs jeder Oeffnung ſollten die einzelnen Bilder eigentlich in der Bewegung begriffen ſein, welche durch die Geſammtzahl der Bilder vorgeſtellt wird; ſtatt deſſen werden ſie aber während dieſer Zeit unverändert, ſchnell vor dem Auge vorüber geführt. Deßhalb ſtört jedes Bild, ſo lange es Licht ins Auge ſendet, den Effect der optiſchen Täuſchung, indem es ein Verwiſchen der Umriſſe nach Richtung der Bewegung hervorbringt. Dieſe Störung iſt deſto größer, je breiter die Oeffnungen ſind. Je ſchmäler die Oeffnungen ſind, deſto ſchärfer ſind daher die Bilder, aber deſto dunkler werden ſie auch dann aus leicht begreiflichen Gründen. Das richtige Verhältniß der Breite kann nur durch Erfahrung gefunden werden; es hängt ab von der Natur der Bilder, ihrer Farbe und Beleuchtung. Die ſchädlichen Verrückungen ſind bei Scheiben, die vor einem Spiegel gedreht werden, um ſo weniger merkbar, je mehr der Abſtand der Löcher von dem Mittelpunkte den der Bilder von demſelben Punkte übertrifft.

ließe. — Auf ähnliche Weiſe läßt ſich jede andere gerad= oder krumm=linige, gleich= oder ungleichförmige Bewegung dem Auge vorführen, nur muß dieſelbe periodiſch ſein, damit das letzte Bild auf der Scheibe ſich eben ſo an das erſte reihe, wie das erſte an das zweite, das zweite an das dritte u. ſ. w.*) Faſt alle Bewegungen von Maſchinen und ſehr viele von Menſchen und Thieren ſind periodiſch, und eignen ſich daher ganz vorzüglich zu dieſen Täuſchungen. Es iſt zur Hervorbringung ſolcher periodiſchen Bewegungen, Handlungen und Beſchäftigungen von Menſchen und Thieren weiter nichts erforderlich, als daß man eine Periode derſelben in eine Reihe durch gleiche Zeiträume**) getrennter Momente zerlegt und dieſelben der Reihe nach durch eben ſo viele Figuren auf der Scheibe darſtellt. So viele Perioden durch die Geſammtzahl der Figuren dargeſtellt ſind, ſo viele zeigen ſich dann auch dem Auge bei jedesmaligem Umlaufe der Scheibe. Es iſt dabei ganz gleichgiltig, ob die darzuſtellenden Bewegungen bloß die einzelnen Theile der Figuren oder die ganzen Figuren betreffen, wenn nur jede Figur in Bezug auf die zugehörige Oeffnung der Scheibe die Stellung und örtliche Lage erhält, welche dem von ihr dargeſtellten Moment der Bewegung entſpricht. Die Figur 320. gibt ein einfaches Beiſpiel, wo die Räder zugleich eine Rotation um ihre eignen Mittelpunkte und eine Kreisbewegung um den Mittelpunkt der Scheibe zeigen. — Eine ſolche Kreisbewegung um den Mittelpunkt der Scheibe erhalten die Bilder, wenn ihre Anzahl von der Zahl der Löcher etwas verſchieden iſt. Geſetzt es ſei n die Zahl der Löcher und $n + 1$ die der Bilder, ſo wie P die Peripherie der Scheibe; dann iſt der Winkel zwiſchen zwei aufeinander folgenden Löchern $= \frac{P}{n}$, und der zwiſchen zwei nächſten Bildern $= \frac{P}{n + 1}$, mithin der letztere kleiner um $\frac{P}{n\ (n + 1)}$. Erhält alſo das Auge beim erſten Loche von einem Bilde einen Lichteindruck, ſo ſteht im Sehmoment durch das zweite Loch das folgende Bild nicht genau in der Richtung des vorigen Lichtſtrahls, ſondern um den Winkel $\frac{P}{n\ (n+1)}$ gegen jene Seite hingerückt, gegen welche die Scheibe ſich dreht. Dieſe Fortrückung tritt bei jedem folgenden Loche auf gleiche Art ein, ſo daß nach n Löchern, d. h. nach einem Um=

---

*) Es wäre nicht unmöglich auch nichtperiodiſche Bewegungen darzuſtellen, doch würde dazu eine ſehr große Anzahl Figuren erforderlich ſein, da während der Dauer einer Secunde mindeſtens fünf Bilder vor dem Auge vorübergeführt werden müſſen.

**) Eine Zerfällung der Bewegung in Momente, die durch gleich große Zeiträume getrennt ſind, iſt nur nöthig, wenn, wie in der Regel, die Oeffnungen gleich weit von einander ſtehen. Die Abſtände der Oeffnungen brauchen aber nicht nothwendig gleich zu ſein; für gewiſſe Bewegungen, z. B. für hüpfende, können ſie auch ungleich genommen werden.

laufe der Scheibe, das Bild um den Winkel $\frac{P}{n + 1}$ fortgerückt oder das folgende Bild auf die Stelle des vorhergehenden gekommen zu ſein ſcheint. Jedes Bild macht demnach nach (n + 1) Umdrehungen der Scheibe einen ſcheinbaren Umlauf nach der Richtung, nach welcher die Scheibe ſich dreht. Iſt die Zahl der Bilder = (n + 2) ſo rückt jedes Bild während eines Umlaufs der Scheibe um den Winkel $\frac{2 P}{n + 2}$, alſo um die doppelte Entfernung der Bilder fort, und während (n + 2) Umläufen der Scheibe machen die Bilder 2 Umläufe in gleicher Richtung mit der Scheibe. Bei (n + 3) Bildern machen dieſe 3 Umläufe u. ſ. w. — Iſt die Anzahl der Bilder kleiner als die der Löcher, ſind z. B. nur (n — 1) Bilder vorhanden, ſo beträgt der Winkel zwiſchen zwei aufeinander folgenden Bildern $\frac{P}{n - 1}$, und er iſt alſo um $\frac{P}{n\,(n - 1)}$ größer, als der zwiſchen zwei nächſten Löchern. Um dieſen Winkel bleiben alſo die Bilder immer gegen die Löcher zurück, und ſie ſcheinen ſich nach einer der Bewegung der Scheibe entgegengeſetzten Richtung herum zu bewegen, und zwar geht ein Umlauf der Bilder auf (n — 1) Umdrehungen der Scheibe. Bei (n — 2) Bildern gehen 2 Umläufe derſelben auf (n — 2) Umdrehungen der Scheibe, bei (n — 3) Bildern treffen 3 Umläufe derſelben auf (n — 3) Umdrehungen der Scheibe u. ſ. w. — Wenn alſo die Anzahl der Bilder = m, der Unterſchied zwiſchen der Anzahl der Bilder und der Löcher = d, ſo treffen d ſcheinbare Umläufe der Bilder auf m Umdrehungen der Scheibe, und zwar bewegen ſich die Bilder in gleicher oder entgegengeſetzter Richtung mit der Scheibe, je nachdem die Zahl der Bilder größer oder kleiner iſt als die Löcher. — Iſt d = 0, ſo ſtehen natürlich die Bilder ſcheinbar ſtill; ſie ſtehen aber auch ſtill, wenn $d = (\alpha - 1)\,m$, d. h. wenn $n = \alpha m$, worin α irgend eine ganze, nur nicht große Zahl oder ein ächter Bruch ſein kann. Wenn $\alpha = 2$ d. h. die Zahl der Löcher doppelt ſo groß iſt als die Zahl der Bilder, ſo wird die Richtung des Lichtſtrahls bei jedem zweiten Loche auf ein Bild treffen, bei dem zwiſchen liegenden Loche aber zwiſchen zwei Bilder fallen, und das Auge erhält demnach abwechſelnd Eindrücke von einem unbeweglichen Bilde und einer leeren Stelle. Bei gehöriger Geſchwindigkeit der rotirenden Scheibe pflanzen ſich dann die erſten Eindrücke auf die leeren Stellen fort, und es erſcheinen ſo viele ruhende Bilder als Löcher vorhanden ſind, jedoch ſchwächer in Farbe, weil ſich die Farbe des Grundes z. B. weiß, mit der Farbe des Bildes vermiſcht. Setzt man an die leeren Stellen daſſelbe Bild in einer andern Farbe, ſo wird der ganze Kreis der Bilder in der gemiſchten Farbe erſcheinen. Man kann auch an der erſten, dritten u. ſ. w. Stelle einen Theil des vorzuſtellenden Bildes, an den geraden Stellen dann den andern zugehörigen Theil zeichnen, ſo wird man, da jeder Eindruck ſich über die folgende Stelle hinaus erſtreckt, die Bilder vollſtändig ſehen. —

In dieſen zertheilten Bildern kann ſelbſt wieder eine Bewegung vorhanden ſein. Auch bei fortſchreitenden Bildern kann man jedes zweite Bild fortlaſſen oder in anderer Farbe zeichnen, oder an die Stelle eines jeden Bildes abwechſelnd die eine und die andere Hälfte des ganzen Bildes ſetzen. Es iſt hierzu nur erforderlich, daß die Anzahl der Bilder durch 2 theilbar ſei. Auf ähnliche Weiſe kann man das Bild der Vorſtellung in drei oder mehre Theile zerlegen, wo dann, um eine gleichförmige Austheilung zu erlangen, die Zahl der Bilder durch 3 u. ſ. w. theilbar ſein muß. Die Scheibe muß jedoch alsdann, um einen ſtetigen Zuſammenhang der Eindrücke hervorzubringen, mit ſehr großer Schnelligkeit umgedreht werden. — Hieraus ſieht man, daß die vorhin aufgeſtellte Regel beſchränkt iſt, und die Zahl m der Bilder ſich von der Zahl n der Löcher nicht zu weit entfernen dürfe. Wäre immer nur ein Bild ſichtbar, welches jedesmal an der richtigen Stelle ſtände, ſo würde das Phänomen ſeiner Fortſchreitung richtig erfolgen, ſo lange ſeine einzelnen Fortrückungen nicht gar zu groß ſind. Allein da immer die ganze Reihe der Bilder zugleich ſichtbar iſt, ſo verbindet das Auge den vorigen Eindruck vorzugsweiſe mit jenem Bilde, welches zunächſt in der Richtung des erſten ſteht. Daher erzeugen jene Eindrücke, welche ſich am öfterſten und mit der geringſten Aenderung der Richtung der Lichtſtrahlen wiederholen, ein beſtimmtes Phänomen.

Die Entſtehung dieſer Phänomene hängt von dem Verhältniß der Geſchwindigkeit ab, mit der ſich Löcher und Bilder herum bewegen. Nehmen wir zwei Scheiben an; die erſte enthalte die Löcher, die andere eben ſo viele Bilder, und beide ſeien getrennt einander gegenüber geſtellt, ſo daß jede mit einer willkürlichen Geſchwindigkeit in Rotation verſetzt werden könne. Die Geſchwindigkeit der Löcherſcheibe ſei $= g$, die der Bilderſcheibe $= G$. — a) Iſt nun $G = g$ oder $= 2g$, $= 3g$ u. ſ. w., ſo werden die Bilder ruhend erſcheinen; denn in jedem einzelnen Sehmoment hat die Bilderſcheibe dieſelbe unveränderte Richtung gegen den ins Auge tretenden Lichtſtrahl. Iſt das Verhältniß zwiſchen G und g nur wenig von den vorher angegebenen Verhältniſſen verſchieden, ſo werden dieſelben Eindrücke nach und nach nur wenig verrückt, und der Kranz der Bilder wird ſich langſam um den Mittelpunkt der Bilder zu bewegen ſcheinen, und zwar um ſo langſamer, je weniger das Verhältniß $G : g$ von 1, 2, 3 u. ſ. w. verſchieden iſt. Die Bilder fallen in dieſem Augenblick auf der Netzhaut ſo nahe aufeinander, daß ein vorherrſchender Eindruck ihres Zuſammenhangs entſteht. — b) Iſt $G = \frac{1}{2}g$ oder $= \frac{3}{2}g$, $= \frac{5}{2}g$ u. ſ. w., ſo trifft bei jedem zweiten Loche der Lichtſtrahl mit unveränderter Richtung auf ein Bild; dieſe mit gehöriger Schnelligkeit auf einander folgenden Eindrücke werden vorherrſchend und es erſcheint ein Kranz ruhender Bilder. — In den zwiſchenfallenden Löchern trifft die Richtung des zum erzeugten Phänomen gehörigen Lichtſtrahls auf leere Stellen; wegen der Fortdauer der Eindrücke erſcheinen die Bilder aber auch auf dieſen Stellen, und die Bilder erſcheinen in doppelter Anzahl, wiewohl ſchwächer. Iſt das Verhältniß $G : g$ nur ſo wenig von den in b angenommenen Werthen verſchieden, daß die durch jedes zweite

Loch entſtehenden Eindrücke noch vorherrſchend ſind, ſo wird der verdoppelte Kranz der Bilder ſich langſam herumdrehen. — c) Aendern ſich die in a und b angeſetzten Verhältniſſe zwiſchen G und g ſo ſtark, daß eine andere Combination einzelner Eindrücke vorherrſchend wird, ſo entſteht auch ein anderes Phänomen, wobei immer der Grundſatz gilt, daß diejenigen Eindrücke am leichteſten ſich zu einer beſtimmten Vorſtellung ausbilden, welche ſich am öfterſten wiederholen, und zugleich hinſichtlich der Richtung des Lichtſtrahls am wenigſten verſchieden ſind. Es kann demnach auch eine Combination von Eindrücken vorherrſchend werden, wenn das Verhältniß $G : g = \frac{2}{3}, \frac{1}{3}, \frac{2}{5}, \frac{3}{5}$ u. ſ. w. Die Richtung der zu der entſtandenen Vorſtellung gehörigen Lichtſtrahlen wird an den zwiſchenfallenden Löchern auf leere Stellen treffen, und die Bilderzahl wird ſich noch mehr vervielfältigt zeigen u. ſ. w, — Je einfacher das Verhältniß G : g iſt, deſto ausgebildeter ſind die Phänomene. Da die Dauer des Lichteindrucks im Auge hier ins Spiel kommt, ſo werden die Phänomene auch von der abſoluten Geſchwindigkeit der Scheibe abhängen, vermöge welcher ſich die Dauer der Eindrücke über mehre oder wenigere Löcher fort erſtreckt. Die verſchiedenen Verhältniſſe zwiſchen der Geſchwindigkeit der Löcher und der Bilder können bei Scheiben, welche vor einem Spiegel gebraucht werden, durch zweckmäßige Wahl in der Anzahl der Löcher und der Bilder hervorgebracht werden. Auch kann man die hierher gehörigen Phänomene einfach dadurch erzeugen, daß zwei Perſonen ſich mit zwei Scheiben gegenüberſtellen, dieſe in Umlauf ſetzen, und jede durch die Löcher ihrer Scheibe die Bilder auf der andern Scheibe betrachtet, wo man dieſe bald einfach, bald vervielfacht, entweder ruhend oder in Bewegung ſehen wird.

An die ſtroboſkopiſchen Scheiben ſchließt ſich an das ſchon von Stampfer im Allgemeinen beſchriebene, von Horner aber ausgeführte Inſtrument, welchem der letzte den Namen des Dädaleums gegeben hat. Der Apparat beſteht bloß aus einem hohlen Cylinder, mit Oeffnungen in gleichen Abſtänden und befeſtigt um den Rand einer rotirenden Scheibe. Alle Figuren, welche auf der Innenfläche deſſelben zwiſchen den Oeffnungen angebracht ſind, werden durch die entgegengeſetzten Oeffnungen ſichtbar, und wenn ſie von einer zur andern in ſtufenweis verſchiedener Stellung gezeichnet ſind, bieten ſie daſſelbe überraſchende Schauſpiel von relativen Bewegungen dar, welches man mit der gewöhnlichen magiſchen Scheibe bei Drehung derſelben vor einem Spiegel erhält. Da man indeß den Apparat nicht dicht vor das Auge zu halten braucht, im Gegentheil ein weiter Abſtand beſſer iſt, die Durchſichtigkeit dem Effect des rotirenden Cylinders zu Hilfe kommt, ſo kann die Erſcheinung mit beſtem Erfolg vor einer zahlreichen Verſammlung gezeigt werden.

Ströme, Flüſſe, heißen die größern Waſſergerinne, welche das auf der Oberfläche der Erde ſich anſammelnde Waſſer dem Meere zuführen. Sie entſtehen aus den von den Bergen aus den Quellen herabrinnenden Bächen, indem ſich dieſe gemäß der Schwere und

Beweglichkeit des Waſſers nach den tiefſt gelegenen Orten begeben, und auf dieſe Weiſe zu größern Waſſeranſammlungen zuſammen treffen. Das ſo zuſammengekommene Waſſer häuft ſich auf, und ſtrebt ebenfalls fortwährend nach tiefer gelegenen Orten hin; da nun das Meer tiefer liegt, als alles über demſelben liegende Land, ſo nehmen alle Flüſſe in ihren Strombetten die tiefſtgelegenen Orte aufſuchend, endlich ihren Weg nach dem Meere. Während des Laufes eines Fluſſes ergießen ſich fortwährend kleine oder größere Bäche oder Flüſſe in ihn (Nebenflüſſe) und vergrößern durch ihr Waſſer den Hauptfluß. Der Ort, wo der Fluß mit dem Meere ſich vermiſcht, oder in einen andern Fluß einſtrömt, heißt die Mündung deſſelben. Verfolgt man von dieſer aufwärts den Lauf des Fluſſes, ſo ſchwindet er endlich zu einen Bach zuſammen und zuletzt gelangt man zu den Quellen deſſelben, die entweder zwiſchen Felſen hervorrinnen oder größere Anſammlungen von Waſſer, Teiche, Seen, Sümpfe u. dgl. bilden. Die Entſtehung der Flüſſe fällt mit der der Quellen (ſ. d. Art.) zuſammen und leitet man dieſe von dem in der Atmoſphäre enthaltenen Waſſerdunſte ab, welcher ſeinerſeits wieder durch Einfluß der Wärme aus den Waſſeranſammlungen auf der Erdoberfläche entſpringt, ſo ſieht man, wie alles Waſſer der Erde in einem fortwährenden großen Kreislaufe begriffen iſt. Der meiſte Waſſerdunſt entwickelt ſich an der Oberfläche des Meeres, wird dann durch Winde nach dem Feſtlande geführt, ſchlägt ſich hier in wäſſrigen Meteoren, zumeiſt an den hohen kalten Gebirgen nieder, ſenkt ſich in das Geſtein, ſprudelt in Quellen hervor und rinnt endlich in Bächen, Flüſſen und Strömen wieder nach dem Meere. Das Waſſer der Flüſſe iſt ſüß, wodurch es ſich von dem bittern Meerwaſſer unterſcheidet. Von dem Brunnenwaſſer iſt es verſchieden durch einen geringern Gehalt an Kohlenſäure und Salzen und einen größern an vegetabiliſchen und erdigen Theilen. Dieſe ſetzen die Flüſſe, namentlich bei Ueberſchwemmungen, ab und bedecken ſo das Land an ihren Ufern mit einem fruchtbaren Schlamme. Größere Ströme ſetzen die während ihres Laufes in ſich aufgenommenen erdigen Theile, beſonders in der Nähe ihrer Mündungen, ab, bilden dadurch Inſeln innerhalb ihres Bettes, durch die ſie ſelbſt geſpalten werden und die, wenn ſie auf zwei Seiten durch Arme des Fluſſes, an der dritten von Meere begrenzt werden, Delta, von der Aehnlichkeit mit dem griechiſchen Buchſtaben Δ, genannt werden. Den meiſten Schlamm, nach Manfredi $\frac{1}{132}$ ſeiner Maſſe, führt der Nil mit ſich, der durch ſeine Ueberſchwemmungen und ſein Delta ſchon im Alterthume berühmt war. Der Rhein enthält nach Hartſöker zur Zeit der Schwellen $\frac{1}{100}$, nach Manfredi bei mäßiger Trübung $\frac{1}{174}$ Schlamm. Barrow fand im gelben Strome $\frac{1}{200}$ Schlamm, Zanotti fand das Verhältniß des Schlammes zum Waſſer dem Gewichte nach bei der Tiber = 1 : 219; beim Rhein = 1 : 165 und ein anderes Mal = 1 : 126. Wenige kleine Flüſſe enthalten viel Salz, und n ſeltenen Fällen Kalk, in ſehr vulcaniſchen Gegenden nicht ſelten mineraliſche Subſtanzen in bedeutender Menge. Im Waſſer des Rio Vinagre z. B. war in einem Liter 1,08

Gran Schwefelſäure, 0,184 Gr. Salzſäure, 0,24 Gr. Thonerde, 0,16 Gr. Kalk und eine Spur von Eiſen enthalten.

Die Größe der Flüſſe iſt ſehr verſchieden; ſie hängt beſonders von der Länge ihres Laufes und von der Menge der Nebenflüſſe ab, die einem größern Fluſſe ihr Waſſer zuführen, und die mit ihm zuſammen Ein Stromgebiet bilden, deſſen Beſchaffenheit von dem Terrain, namentlich den Gebirgen abhängt, welche die Waſſerſcheide bilden, und von denen herab nach allen Seiten Bäche und Flüſſe ausgehen, die ſich in den Ebenen vereinigen. Die größten Flüſſe hat Aſien und Amerika, kleiner ſind die Flüſſe Afrikas und am kleinſten die von Europa. Azara behauptete der La Plataſtrom in Amerika enthalte allein ſo viel Waſſer wie alle europäiſchen Flüſſe zuſammen. Die Schätzungen über die Waſſermengen der Flüſſe können ſtets nur ſehr ungefähr ſein, weil, um ſie genau zu veranſtalten, eine Kenntniß aller Theile eines Fluſſes nöthig wäre, die zu erlangen ſchon darum unmöglich iſt, weil die Flüſſe ſelbſt in den verſchiedenen Jahreszeiten und wiederum in den verſchiedenen Jahren ſehr ungleiche Waſſermengen führen. Keil und Buffon ſchätzen die geſammte Waſſermenge, welche alle Ströme zuſammen jährlich dem Meere zuführen auf 455,5 und de la Metherie berechnet 341 Cub. Meilen. Hiernach würde ſich das geſammte Waſſer des Meeres erſt in 4488 Jahren einmal erneuern. Nach Riccioli ergießt der Po in jeder Stunde 401 Millionen Cub. Fuß Waſſer ins Meer. Alle Flüſſe Italiens ſollen zuſammen 8mal ſo viel Waſſer in das Meer führen, als der Po; und eben ſo rechnet er die Flüſſe Spaniens = 6, Frankreichs und Hollands = 28,5, Englands = 6, Deutſchlands mit Einſchluß des Oby = 88,5, Aſiens = 465, Illyriens, Dalmatiens, Griechenlands = 2, Afrikas = 190, Nordamerikas = 619, Südamerikas = 2240, zuſammen 3653 Poſtröme; hierzu kommen noch 4000 Poſtröme auf unbekannte Flüſſe, und es ergibt ſich eine jährliche ins Meer ſtrömende Waſſermenge von 455,5 Cub. Meilen. Einigermaßen richtigere Angaben dürfte man erhalten, wenn man die Waſſermengen der einzelnen Flüſſe der Größe ihrer Stromgebiete proportional annähme. Für dieſe letztern hat Müller folgende Angaben in geogr. Quadratmeilen gefunden:

Amazonenfluß	88,305	Don	6,088
Plata	71,665	Weichſel	3,578
Lorenzſtrom	62,330	Duero	1,638
Miſſiſippi	53,636	Tajo	1,327
Oby	63,776	Seine	1,236
Jeniſei	47,001	Loire	2,378
Lena	36,483	Garonne	1,443
Amur	53,559	Po	1,410
Hoang-Ho	33,686	Trent	0,439
Ganges	20,224	Donau	14,423
Wolga	30,154	Rhein	3,598
Nil	32,620	Weſer	0,874
Senegal	25,614	Elbe	2,800
Dwina	5,890	Oder	2,072

Die genaueſten Meſſungen hat man am Rhein angeſtellt. Nach denſelben führt dieſer Strom in der Secunde 82109 rheinl. Cub. F. Waſſer ins Meer, im Jahre folglich 0,1959 Cub. Meilen. Gegen den Rhein ſchätzt man das Waſſer aller übrigen Flüſſe auf 186 Rheinſtröme, und dieſe würden 36,4374 Cub. Meilen Waſſer ins Meer führen. Wenn man für die unbekannten Flüſſe auch noch $\frac{1}{3}$ zurechnet, ſo erhält man erſt 48,6 Cub. M., und ſelbſt bei 50 Cub. M. jährlichen Zufluſſes würde ſich das Meer erſt in 30000 Jahren füllen. Muncke meint, wenn man die Waſſerſchwellen, die bei einigen Flüſſen ins Unglaubliche gingen, bei dem Rhein aber dem Flußgebiete nicht proportional wären, einrechne, ſo könne man die geſammte jährliche Waſſermenge wohl auf 75 Cub. M. annehmen. Die Länge der Flüſſe iſt nicht proportional ihrer Waſſermenge, wie ſchon das Beiſpiel des Ganges beweiſt, welcher nach Banks das meiſte Waſſer unter den aſiatiſchen Flüſſen gibt, ohne die größte Länge zu haben. Die Urſachen ſind die ihn anſchwellenden periodiſchen Regen. Nach demſelben findet folgendes Verhältniß der Längen des Laufes der Flüſſe ſtatt: Themſe = 1; Rhein = 5,25; Donau = 7; Wolga = 9,5; Indus = 5,5; Euphrat = 8,5; Ganges = 9,5; Burremputer = 9,5; Nou-Kian oder Ava = 9,5; Jeniſei = 10; Oby = 10,5; Amur = 11; Lena = 11,5; Hoang-Ho = 13,5; Kian-Keu = 15,5; Nil = 12,5; Miſſiſippi = 8; Amazonenfluß = 15,75. Die Breite der Ströme iſt ſehr ungleich und bei denen, welche ſtarke Anſchwellungen haben, unglaublich veränderlich. So z. B. iſt der Miſſiſippi ohnweit Natchez bei niedrigem Waſſerſtande kaum 1 engl. Meile, bei hohem Waſſerſtande aber 30 engl. Meilen breit, und die Breite des Orinoko bei St. Thomas wechſelt zwiſchen 0,75 und 15 engliſche Meilen. Kommt aus einem Nebenfluſſe zu Zeiten eine ungewöhnliche Waſſermenge in den Hauptſtrom, ſo kann die merkwürdige Erſcheinung eintreten, daß das Waſſer im Flußbette des Hauptſtroms zum Theil ſtromauf geht. So z. B. erzählt Sauſſure, daß 1570, 1651, 1711 und 1733 die Rhone oberhalb der Mündung der Arve ſtromaufwärts gefloſſen ſei, ſo daß die Mühlräder zu Genf rückwärts umgetrieben wurden. Die Geſchwindigkeit, mit welcher die Ströme dem Meere zueilen, hängt zumeiſt von der Neigung ihres Bettes gegen die Horizontalebene ab, von ihrem Gefälle. Man beſtimmt dieſes nach der Größe, um welche im Durchſchnitt auf eine beſtimmte Strecke des Stromes auf 100 Lachter das Bett deſſelben dem Niveau des Meeres ſich nähert. So z. B. hat die Moldau zwiſchen Budweis und Prag bei einer Länge von 100800 Klafter im Ganzen 627,5 Fuß Fall, alſo auf 100 Klafter ein mittleres Gefälle von 7,5 Zoll. Weil ſich mit dem Waſſerſtande das Gefälle ändert, ſo nimmt man im Allgemeinen die mittlere Waſſerhöhe als Regel an. Dieſe mißt man an eigends zu dieſem Zwecke eingeſchlagenen Pfählen, Pegel genannt, oder an Maßen, die in den Brückenpfeilern oder an den Quadern der gemauerten Ufer eingehauen ſind. Die Pfähle werden leicht beim Eisgange fortgeriſſen.

Die aus theoretiſchen Geſetzen abgeleiteten, und mit der Erfahrung übereinſtimmenden Reſultate über die Geſchwindigkeit des Fließens ſind folgende. Zuerſt verhalten ſich die Geſchwindigkeiten umgekehrt wie die Querſchnittsflächen des Fluſſes. Zweitens bei verſchiedenen Anſchwellungen der nämlichen Flüſſe verhalten ſie ſich wie die Quadratwurzeln aus den mittlern Tiefen. Drittens, die größte Geſchwindigkeit bei einem gegebenen Fluſſe fällt mit ſeiner größten Tiefe zuſammen. Viertens, in Beziehung auf die einzelnen Längentheile, worin man ſich einen Fluß getheilt denken kann, findet bei geraden oder mäßig gekrümmten Ufern die größte Geſchwindigkeit in der Mitte über der größten Tiefe ſtatt, und dieſe Abtheilung nennt man daher auch den Stromſtrich, welcher hiernach alſo bei geraden Ufern in der Mitte, bei Krümmungen oder Serpentinen aber an der concaven Seite des Ufers liegt. Fünftens iſt im Allgemeinen die Geſchwindigkeit des Fließens an der Oberfläche am ſtärkſten und nimmt mit der Tiefe ab. Selten fällt die obere Grenze des Querſchnittes eines Fluſſes in eine gerade Linie, vielmehr wenn das Waſſer ſteigt, ſo wird ſie in der Mitte convex, wenn es aber fällt, ſo wird ſie concav und Gegenſtände vom Ufer fließen der Mitte zu. Eben ſo iſt es mit der Grenze eines Längenſchnittes, die beim freien Abfluſſe convex wird, bei Aufſtauungen aber concav. Soll daher die mittlere Geſchwindigkeit eines Fluſſes ausgemittelt werden, ſo müſſen die Meſſungen in ungleichen Tiefen und an mehren Stellen in der Mitte und an den Seiten geſchehen, zu welchem Ende zuvor das Querprofil vermittelſt einer getheerten Schnur, die man über den Fluß ausſpannt, oder einer einviſirten Linie und mit Sondirſtangen, an denen unten des Sandes wegen ein Bret befeſtigt iſt, durch bekannte oder leicht aufzufindende geometriſche Operationen ausgemeſſen wird.

Die Geſchwindigkeit eines Stromes wird außer durch ſein Gefäll noch durch die Adhäſion des Waſſers an den Ufern in dem Grunde, durch die Krümmungen des Fluſſes und durch die größere oder geringere Breite ſeines Bettes beſtimmt. Z. B. die Rhone hat vom Genferſee an 1128 Fuß Fall, und müßte daher 260 Fuß in einer Secunde fallen, fließt aber nur 5 Fuß in einer Secunde, der ſchnelle Amazonenfluß nur 7,5, von Fort Pauxis an aber nur 10,5 auf 120 Meilen; der ſtarke Fall des Neckars beträgt nur 32,7 auf eine altwürtembergiſche Meile, und doch fällt er von ſeiner Quelle bis Heilbronn 1634 Fuß; der Rhein zwiſchen Straßburg und Dordrecht auf 1000 Fuß nur 0,2 Fuß, ohngeachtet ſein geſammter Fall von Schafhauſen bis ins Meer 1013 Fuß beträgt; die Donau zwiſchen Ulm und Donauwerth nur $\frac{1}{5}$, die Seine zwiſchen Valvint und Sève nur $\frac{1}{6}$, die Loire hinter Pouilli nur $\frac{4}{7}$ Fuß auf gleiche Weite. Werden ſie zwiſchen Felſen ſtark zuſammengedrängt, ſo iſt ihre Bewegung unglaublich ſchnell, am ſtärkſten beim Connecticut, ſo daß Blei darauf ſchwimmen und kein Brecheiſen in denſelben eindringen ſoll; dort beträgt indeß ſeine Breite auf einen Raum von 400 Ellen keine 15 Fuß. Der Amazonenfluß hat 4 große Stromſchnellen, unter denen der Punto die ſtärkſte iſt. Der Strom iſt oberhalb des Paſſes 250 Lachter breit, und wird bis 25

Lachter zuſammengedrängt, ſo daß das Waſſer gleichſam hinabſtürzt, weswegen Condamine's Fahrzeug mehre Lachter in einer Secunde durchlief. *)

Wenn Flüſſe in ihrem Laufe an einen ſteil abſchüſſigen Abhang kommen, ſo ſtürzen ſie ſich über denſelben herab und bilden auf dieſe Weiſe einen Waſſerfall, Katarakt. Die Erſcheinung deſſelben

*) Die Geſchwindigkeit des fließenden Waſſers zu meſſen hat man verſchiedene Werkzeuge erſonnen. Muncke hat dieſelben wie folgt zuſammengeſtellt. Zur Meſſung der Geſchwindigkeit dienen verſchiedene Apparate. Unter dieſen ſind die Schwimmer die einfachſten. Man bedient ſich hierzu hohler kupferner Kugeln, deren ſpecifiſches Gewicht mittels eingebrachten Bleis oder Waſſers ſo regulirt wird, daß ſie nur wenig über die Oberfläche des Waſſers hervorragen; ſie werden dann mit einem Korke verſchloſſen und mit einem hierin eingeſteckten Zeichen verſehen, um ihre Bewegung deutlicher beobachten zu können. Ihrer Anwendung ſteht entgegen, daß dabei Windſtille erfordert wird und daß durch ſie blos die Geſchwindigkeit an der Oberfläche ausgemittelt werden kann. Um dieſem Fehler etwas zu begegnen, bediente ſich v. Wiebeking tannener Stäbe, durchaus mit Oelfarbe angeſtrichen, unten mit einer blechernen Kapſel verſehen, die durch Blei ſo abgeglichen war, daß nur ein Zwanzigſtel der Stange aus dem Waſſer hervorragte, welches eine kleine numerirte Fahne an einem Eiſendrahte trug, und woran eine Schnur, mindeſtens doppelt ſo lang als die Flußtiefe, mit einem Schwimmer von Kork befeſtigt war, erſteres um zugleich mehre Stangen an verſchiedenen Stellen des Fluſſes zu beobachten, letzteres um die etwa ſinkenden Stangen wieder aufzufinden. Solche Stangen können kürzer oder länger ſein, um die Geſchwindigkeit in ungleichen Tiefen zu meſſen. Es dürfte nicht unnütz ſein, beide Apparate mit einander zu verbinden, alſo zum eigentlichen Meß-Schwimmer eine große hohle Kugel zu nehmen, dieſe ſo zu beſchweren, daß ſie im Waſſer bis zu derjenigen Tiefe unterſänke, in welcher die Geſchwindigkeit gemeſſen werden ſoll, und wegen ihrer großen Oberfläche dieſe auch bleibend beibehielte, an dieſe Kugel aber einen dünnen Stab mit der Fahne zu befeſtigen, an dem das ſchneller fließende Waſſer der Oberfläche leichter vorbei gleiten könnte. In jedem Falle mißt man mittels einer genauen Uhr die Zeit, in welcher der Schwimmer eine beſtimmte Strecke zurücklegt, und erhält dann aus beiden Größen die Geſchwindigkeit. — Von dem beſchriebenen Stabe unterſcheidet ſich der Stab des Cabeo blos dadurch, daß er von der Oberfläche des Waſſers bis nahe an den Boden reichen ſoll, um bei überall gleicher Dicke die mittlere Geſchwindigkeit des Fluſſes zu meſſen. Dabei zeigt es ſich dann, daß die Geſchwindigkeit in ungleichen Tiefen wirklich verſchieden iſt, indem der Stab faſt allezeit eine ſchräge Richtung annimmt, ein Reſultat, welches ſchon Mariotte erhielt, als er zwei oder mehre Kugeln von Wachs vermittels eines Fadens vereinigte und fand, daß allezeit die eine der anderen vorauseilte. Beide Apparate finden aber darin ein großes Hinderniß, daß der untere Theil leicht auf Unebenheiten des Fluſſes hängen bleibt, außerdem aber werden beide faſt ſtets von der Seite des Fluſſes in den Strom-

wird um ſo großartiger ſein, je höher der Abhang iſt, und je größer der Strom iſt, der ihn bildet. In Amerika kommen die merkwürdigſten und großartigſten Waſſerfälle vor. In Europa ſind die bekannteſten der Staubbach in der Nähe von Bern, welcher eine Höhe von 1100 F. haben ſoll; der wegen der größeren Waſſermenge noch ſchönere, aber nur 200 F. hohe Reichenbach; die Rheinfälle bei Schaf-

---

ſtrich getrieben und man kann daher nahe am Ufer nur auf kürzere Strecken meſſen. — Ein ſehr brauchbares Werkzeug, die Geſchwindigkeit des Waſſers an jeder einzelnen Stelle und in jeder Tiefe zu meſſen, iſt die *Pitot'ſche Röhre*, eine blos gläſerne oder blecherne Röhre, oben auf jeden Fall von Glas, etwa einen halben bis einen ganzen Zoll im Durchmeſſer, unten bis zum rechten Winkel krumm umgebogen und mit einem Trichter verſehen, deſſen Seiten verlängert einen Winkel von ungefähr 60 Graden einſchließen würden. Dieſe Röhre wird mittels einer geeigneten Vorrichtung an einer Leiſte oder einem Pfahle (welcher letztere auf jeden Fall zugeſchärft ſein muß, um das Rückſtauen des Waſſers zu hindern) ſo in das Waſſer herabgelaſſen, daß der Trichter gegen den Strom gerichtet iſt und alſo die Geſchwindigkeit des Fließens das Waſſer über das Niveau des Fluſſes aufſteigen macht. Um dem Fehler aus der Adhäſion des Waſſers (der Capillarität) zu begegnen, ſenkt man neben der Meßröhre eine andere von gleicher Beſchaffenheit, aber eine gerade und unten gleichfalls mit einem gerade herabgehenden Trichter verſehene bis zu gleicher Tiefe hinab, beobachtet dann den Unterſchied der Waſſerhöhen in beiden an einem zwiſchen ihnen befindlichen, in kleine Theile getheilten Meßſtabe und erhält die Geſchwindigkeit des Fließens vermittels $V = 2\sqrt{g(h - h')}$, wenn h die Waſſerhöhe in der Meßröhre und h' in der Hilfsröhre, beide über dem Waſſerſpiegel, bezeichnen. Weil aber Hinderniſſe der Bewegung die ſtrenge Anwendung dieſer theoretiſchen Beſtimmung bedingen könnten, ſo fügt man einen Coefficienten = m hinzu, welcher durch Verſuche mit Waſſer von beſtimmter Geſchwindigkeit des Fließens ausgemittelt werden muß und auf jeden Fall nicht viel von 1 verſchieden iſt; dadurch verwandelt ſich die Formel in $V = 2\sqrt{\frac{g(h - h')}{m}}$. In der Anwendung ſteht blos der Umſtand entgegen, daß die Größe h' meiſtens ſehr klein iſt und daher nicht gut gemeſſen werden kann. Iſt z. B. m = 1 und V = 1 Fuß, ſo iſt h — h' nur $\frac{1}{62}$ Fuß oder = 2,32 Linien. — Unter die ältern, vielfach gebrauchten und keineswegs verwerflichen Strommeſſer gehört der *Stromquadrant* oder das *hydrometriſche Pendel*, ein Quadrant, deſſen eine Seite mittels eines Senkels vertical über dem Flußſpiegel gehalten wurde, während ein aus dem Aufhängepunkte des Senkels herabhängender Faden mit einer Kugel am Ende, die in das Waſſer herabhing, von dieſem fortgeſtoßen wurde und der Winkel zwiſchen ihrem Faden und dem des Senkels die Mittel zur Beſtimmung der Geſchwindigkeit des Fließens darbot. Seine jetzige Geſtalt Fig. 321. iſt aus der Figur erſichtlich, ohne daß dieſe eine weitere Erläuterung bedarf, auch bemerkt man ſogleich, daß hierbei

hauſen und Lauffen; der Fall des Velino bei Spoletto; der des Cetino in Dalmatien, bei welchem ſich der Fluß faſt ganz in Staub auflöſt und ein ſchreckliches Brauſen erregt. Die großartigſten und ſchönſten europäiſchen Waſſerfälle ſind auf der ſkandinaviſchen Halbinſel. Der Waſſerfall des Glomen bei Sarp in Norwegen iſt ſo viel ſchöner, weil der ganze Fluß 60 Fuß hoch in einem Abſatze über einen Felſengrund

---

die Röhrenlibelle das Senkel erſetzt. Auf der Seite der Baſis des Dreiecks OM iſt die Geſchwindigkeits-Scale aufgetragen, die man auf folgende Weiſe findet. Die Kugel G würde in ruhigem Waſſer vertical herabhängen, ihre verlängerte Falllinie iſt GH, die verlängerte Linie ihrer Richtung iſt GF oder die Diagonale, die durch die beiden Kräfte, nämlich ihr Gew. und den Stoß des Waſſers gegen ihre Oberfläche gegeben wird. Beide Kräfte verhalten ſich alſo wie GH zu HF, oder wegen Aehnlichkeit der Dreiecke, wie CO zu ON, die der Kürze wegen $a : x$ heißen mögen. Die Kugel fällt im Waſſer nicht mit ihrem ganzen, ſondern blos mit dem Ueberſchuſſe ihres Gewichtes über das eines gleichen Volumens Waſſer, und es ſei demnach das Gewicht der im Waſſer gewogenen Kugel $= M$. Um die Kraft des Waſſerſtoßes gegen dieſelbe $= K$ zu finden, darf man nur überlegen, daß das Waſſer aus einer Oeffnung in einem Gefäße mit einer Geſchwindigkeit ausſtrömt, als fiele es von der Höhe $h = \frac{V^2}{4g}$ herab, und daß es daher gegen die dieſer Oeffnung gleiche Fläche mit einer Kraft drückt, die einem Waſſerprisma von der Grundfläche dieſer Oeffnung und der Höhe vom Centrum dieſer Fläche bis zum Waſſerſpiegel gleich iſt. Iſt alſo die Fläche der Kugel, gegen welche das Waſſer ſtößt, bei einem Halbmeſſer $= r$ beſtimmt, alſo $= r^2\pi = F$ und das Gewicht eines nach gleichem Maße beſtimmten Waſſercubus $= P$, ſo iſt $K = PF\frac{V^2}{4g}$. — Die Kugelform ändert jedoch dieſen Ausdruck ab und fordert einen Coefficienten m, welcher durch Verſuche aufgefunden wird. Hiernach wird alſo $\frac{x}{a} = \frac{K}{M} = \frac{m \,.\, P \,.\, F V^2}{M \,.\, 4g}$, alſo $\frac{V^2}{4g} = \frac{x}{a} \,.\, \frac{M}{m \,.\, P \,.\, F}$. — Nach Eytelwein iſt $m = 0{,}7886$, und da die übrigen Größen im analytiſchen Ausdrucke bekannt ſind, ſo könnten für die verſchiedenen Werthe von x die zugehörigen von V^2 gefunden werden, beſſer iſt es jedoch, nach dem Vorſchlage von Euſtach Manfredi, durch Meſſung der Geſchwindigkeit einer gleichförmigen Bewegung der Kugel in ruhigſtehendem Waſſer einen bekannten Werth für x aufzufinden. Iſt dieſer $= b$ für die Geſchwindigkeit $= V'$ gefunden, ſo hat man $\frac{b}{a} = \frac{K}{M} = \frac{m \,.\, P \,.\, F \,.\, V'^2}{M \,.\, 4g}$, alſo $\frac{V'^2}{4g} = \frac{b}{a} \,.\, \frac{M}{m \,.\, P \,.\, F}$ und durch Diviſion beider Gleichungen $\frac{V'^2}{V^2} = \frac{x}{b}$ oder $V' : V = \sqrt{x} : \sqrt{b}$, wonach die Geſchwindigkeitsſcale aufgetragen werden kann. Soll dieſes Inſtrument für größere Tiefen gebraucht werden,

ſtürzt. Man ſoll ihn fünf Meilen weit hören, hört ihn aber ſicher bis auf eine Meile Entfernung. Zwiſchen Bergen und Stavangre ſind zwei Waſſerfälle, einer von wenig Waſſer, aber 1600 Fuß hoch, und dieſer wäre ſonach der höchſte in Europa, der andere wenigſtens ſo viel Waſſer haltend als die Seine, 945 Fuß hoch. Der Waſſerfall Trolhetta (Zauberhöhle) der Götha-Elbe bei Gothenburg beſteht aus vie-

---

ſo iſt noch erforderlich, den Einfluß des Waſſerſtoßes gegen den Faden auszumitteln. Da dieſes für die verſchiedenen und mitunter beträchtlichen Tiefen zu etwas weitläufigen Beſtimmungen führt, ſo dürfte es am leichteſten ſein, eine große Kugel, der Dauerhaftigkeit wegen von Metall, und einen dünnen Metalldraht zu wählen, um den Einfluß deſſelben auf ein Minimum herabzubringen, zugleich aber beim Normalverſuche die Kugel etwa zwei bis drei Fuß tief einſinken zu laſſen, um den Einfluß des Fadens mit in die urſprüngliche Beſtimmung aufzunehmen. Uebrigens darf die Kugel nicht auf dem Waſſer ſchwimmen, der Werth von x oder von b wird aber um ſo größer, je leichter ſie bei gleichem Durchmeſſer iſt. — Der Einfluß des Fadens wird vermieden beim *Waſſerhebel Lorgna's*. An einem Pfahle iſt eine blecherne Röhre RD mit einer Rolle am untern Ende befeſtigt. Ein Faden, an deſſen Ende die Kugel F Fig. 322. gebunden iſt, geht über die Rolle, dann durch die Röhre und iſt am andern Ende am Hebelarme E befeſtigt, welcher durch ſeine größere Dicke dem andern längern und dünnern Hebelarme das Gleichgewicht hält. Die Geſchwindigkeit, womit das fließende Waſſer die Kugel, deren ſpec. Gewicht nur unmerklich größer als das des Waſſers ſein muß, forttreibt, wird auf gleiche Weiſe, als ſo eben gezeigt worden iſt, gefunden; denn mit Beibehaltung der in der Formel enthaltenen Bezeichnungen und das Gewicht des Laufgewichts, welches den Wagebalken in horizontaler Richtung erhält, P' genannt, iſt $P \,.\, m \,.\, F \frac{V^2}{4g} \,.\, AE = P' \,.\, QA$. — Auch hierbei wird die Geſchwindigkeit für eine gewiſſe Länge des Hebelarms = OA gefunden und es iſt dann $V = V' \sqrt{\frac{AQ}{AO}}$. Hiermit kann das Waſſer in jeder Tiefe gemeſſen werden. *Raucourt* bediente ſich bei ſeinen Meſſungen der Newa eines Apparats, *Hydrotachometer* genannt. Dieſer beſtand aus einer Art Log, einem Schwimmer, welcher bis zu der erforderlichen Tiefe hinabgelaſſen, durch das Waſſer fortgeſtoßen wurde und wobei ſich die Geſchwindigkeit aus der Länge einer von einem in gleicher Tiefe befindlichen Kugel abgewickelter Schnur ergab. — Mehre Strommeſſer ſind auf das Princip des Waſſerſtoßes gegen eine Fläche von gegebenem Inhalte gegründet. Dahin gehört die *hydrauliſche Schnellwage* des *Michelotti*. Dieſe beſteht aus einer Tafel B Fig. 323., die an einer dünnen und vorn kantigen Stange ſo in das Waſſer herabgeſenkt wird, daß dieſes lothrecht dagegen ſtößt. Die Stange kann durch das Hebelſtück A geſchoben werden, um die Tafel tiefer herabzulaſſen, ſie ſelbſt aber bewegt den doppelten Hebelarm, an deſſen einem Arme das Regulirungsgewicht N angebracht iſt, um den horizontalen Stand des

len Abſätzen, welche zuſammen wohl 128 Fuß betragen mögen, indeß iſt kein Sturz höher als die eigentliche Trolhetta von 6 Fuß. Die Dahlelbe hat bei Elkaleby einen Fall, welcher dem Rheinfalle gleich iſt. Der Strom iſt 0,25 Meile breit, alle Abſätze zuſammen betragen 110 Fuß und der eine ſenkrechte zwiſchen 30 bis 40 Fuß. Die Niedelv bei Drontheim bildet zwei Waſſerfälle, den großen Leerfos, wo das

---

Wagebalkens hervorzubringen, während das Laufgewicht P′ den Druck des Waſſers abwägt. Iſt dann die Fläche der Tafel = F, das Gewicht des Laufgewichts = P′, die übrigen Bezeichnungen wie vorhin beibehalten, ſo erhält man $m \,.\, P \,.\, F \frac{V^2}{4g} \,.\, BA = P' \,.\, AM$. Iſt ferner für eine gewiſſe Geſchwindigkeit = V′ die Länge des Hebelarms = AO gefunden, ſo erhält man auf gleiche Weiſe $\frac{V^2}{V'^2} = \frac{AM}{AO}$, wonach die Geſchwindigkeitsſcale aufgetragen werden kann. Für größere Tiefen wird jedoch eine etwas ſtarke und daher auch breite Stange erfordert, deren Widerſtand gegen das Waſſer nicht vernachläſſigt werden kann, ſondern mit in die Formel aufgenommen werden muß, indem man ſich denſelben als in ihrem Schwerpunkte vereint vorſtellt. Geminiano Poletti's rheometriſches Winkelmaß, wobei ein bloßer verticaler Stab durch den Stoß des Waſſers getroffen und durch ein Gewicht an einem oben befindlichen horizontalen Arme deſſelben in ſeiner verticalen Richtung erhalten wird, iſt ſchon deßwegen verwerflich, weil ungleich ſchnell fließendes Waſſer gegen ihn in ſeiner ganzen Länge ſtößt. — Die Waſſerfahne des Ximenes Fig. 324. beſteht aus einer Tafel, welche an einer Stange befeſtigt iſt, deren Zapfen ſich in zwei an einem Pfahle befeſtigten Charnieren drehen. Am obern Ende der Stange iſt die Rolle A befeſtigt, um welche eine Schnur geſchlungen, dann über die Rolle B gezogen und am andern Ende mit dem Gewichte P beſchwert iſt. So wie das Waſſer die Scheibe durch ſeinen Stoß zurücktreibt, zieht das Gewicht P′ ſie wieder dem Strome entgegen, wie der Zeiger auf dem eingetheilten Halbkreiſe angibt, bis zur Herſtellung des Gleichgewichtes zwiſchen beiden entgegenſtrebenden Kräften. Heißt dann die halbe Breite der Scheibe b, der Halbmeſſer der Rolle r, das Gewicht an der Schnur P′, ſo iſt, die übrigen Bezeichnungen beibehalten, $m \,.\, F \,.\, b \,.\, P \,.\, \frac{V^2}{4g} = rP'$, woraus nach Auffindung eines gewiſſen Werths von P″ für einen bekannten von V′ das Verhältniß von V zu P′ gefunden werden kann. V. Gerſtner bemerkt hiergegen, daß es ſchwer hält, die Scheibe in die erforderliche Richtung zu bringen, und daß die nicht leicht beſtimmbare, nach Umſtänden veränderliche Reibung der Zapfen an der Stange u. an der Rolle die bequeme Anwendung des Apparats erſchwert. — Das Tachometer von Brüning gehört unter die vorzüglichſten Inſtrumente dieſer Art und daher ſind auch die durch dieſen Hydrotekten angeſtellten Meſſungen ausnehmend zuverläſſig. Dieſes Werkzeug beſteht aus einer Scheibe an einer auf die Mitte ihrer Rückſeite lothrecht befeſtigten Stange, welche bei X durch ein Loch

Waſſer 96 Fuß hoch und 400 F. breit ruhig auf einer wenig unterbrochenen Fläche herabfällt, und weiter unten den kleinen Leerfos, wo der Strom nur 180 F. breit, 80 F. hoch über viele Unebenheiten herabſtürzt. Die Lundelv hat einen Waſſerfall, welcher bei geringer Höhe unter die ſchönſten in Norwegen gehört. Der Strom iſt 130 bis 140 F. breit, ſtürzt in einem breiten Bogen 20 bis 24 F. herab,

---

in oder neben dem zu ihrem Halten beſtimmten Pfahle geſteckt iſt Fig. 325. Um bei großen Flüſſen in verſchiedenen Tiefen zu meſſen, befindet ſich dieſes Loch in einem eignen Schieber, welcher, den Pfahl umſchließend, vermittels einer gezahnten Stange und eines Getriebes auf die erforderliche Tiefe herabgebracht wird, während man den unten zugeſpitzten u. mit Eiſen beſchlagenen Pfahl an oben und unten befeſtigten Stricken feſthält. Am andern Ende der Stange befindet ſich ein gekrümmter Haken, an deſſen Ende ein Strick gebunden iſt, welcher über die Rolle R geführt und am kürzern Hebelarme AC befeſtigt wird. Der Waſſerſtoß gegen die Scheibe drückt dieſe zurück und die Stange zieht an der Schnur den Hebelarm herab, bis das Laufgewicht P′ am längern Hebelarme das Gleichgewicht wieder herſtellt. Bedient man ſich eines gleicharmigen Wagebalkens, ſo fällt die Berückſichtigung der ungleichen Längen des Hebelarms weg, es genügt, nur das Gewicht P′ veränderlich zu machen, und man erhält dann, mit Beibehaltung der oben angenommenen Bezeichnungen $m \cdot F \cdot P \frac{V^2}{4g} = P'$, wobei es immerhin am rathſamſten iſt, das Verhältniß zweier Beſtimmungen von V′ und P″ empiriſch aufzuſuchen, obgleich bei dieſem Apparate die theoretiſche Beſtimmung mit der Erfahrung am genaueſten übereinſtimmen würde. Es ſteht hierbei blos die Reibung der Stange in ihrem Loche entgegen, obgleich auch dieſe durch die Richtung der Schnur ſehr vermindert wird, welche die Stange mindeſtens in ihrer geraden Richtung erhält; der Einfluß der Reibung der Zapfen an der Rolle kann jedoch nicht vermieden werden, wenn gleich die am Wagebalken ſtattfindende von gar keiner Bedeutung iſt; auch liegt es in der Natur der Waſſerbewegung, daß der Wagebalken ſtets oſcillirt und nur mit Mühe zum Gleichgewicht gebracht wird.— Soll die Geſchwindigkeit des ſchnell fließenden Waſſers an einer beſtimmten Stelle und zugleich blos an der Oberfläche aufgefunden werden, ſo kommen hierbei häufig Fälle vor, wo die bereits angegebenen Apparate nicht anwendbar ſind. Man bedient ſich dann blos eines kleinen Rädchens mit Schaufeln, die durch das fließende Waſſer fortgeſtoßen werden, und mißt die Geſchwindigkeit aus der Zahl der Umdrehungen des Rädchens, die man durch einen um ſeine Welle ſich aufwickelnden Faden oder durch eine Schraube ohne Ende erhält und wobei eine genaue Zeitbeſtimmung als zweites Element der Berechnung unentbehrlich iſt. Die letztere Vorrichtung iſt zwar zuſammengeſetzter, aber auch bei weitem die genaueſte, in jedem Falle muß das Rädchen leicht und die Reibung der Zapfen möglichſt vermieden ſein. Die Zeichnung Fig. 326. gibt eine deutliche Vorſtellung, die Meſſung aber dient ganz einfach zur Auffindung der Geſchwindigkeit, wenn man die Zeit

ein Arm deſſelben bricht ſich an einem Felſen und ſteigt mit einem durchſichtigen Nebel umgeben in die Höhe, und dieſes Phänomen wiederholt ſich 6 bis 7mal in geringen Höhen, bis ſich das Ganze in ein weißes Gekräuſel auflöſt. Selbſt unter dem Polarkreiſe, zu Wiigtil ſind zwei Waſſerfälle, deren Höhe wohl 1000 F. beträgt. Ueberraſchend ſchöne Waſſerfälle durch den Contraſt des weißen Waſſerſchaumes mit der ſchwarzen Lava ſind auf Island. Einer derſelben iſt an der Nordſeite in der Nähe des Liſſawatenſees unfern Hals, wo das Waſſer aus und über Lava ſtürzt, ein anderer iſt an der Oſtküſte der Inſel bei Stafafel, welcher bei anſehnlicher Waſſermenge eine ſenkrechte Höhe von 420 engliſche F. hat, und ein dritter an der ſüdlichen Küſte bei Holt in den Eyafiallabergen, wo das Waſſer 800 engliſche Fuß herabſtürzt. Er hat das Eigenthümliche, daß zuweilen der ſtarke Wind am Fuße des Berges die geſammte Waſſermaſſe in eine Staubwolke verwandelt und in die Höhe hebt. Unter die höchſten Waſſerfälle in Europa gehören die in Spanien, wo aus einem Amphitheater des Berges Marbore 10 bis 12 Gießbäche von einer 1400 Fuß hohen Wand herabſtürzen. Der höchſte von ihnen fällt 1256 Fuß hoch herab. Die

---

eines Umlaufs mit der Peripherie des Rädchens multiplicirt. Machte z. B. das Rädchen in 2 Minuten 360 Umläufe und wäre ſein Halbmeſſer 0,5 Fuß, ſo erhielt man die Geſchwindigkeit $V = 0,5 \, . \, \pi \, . \, 2 \, . \, \frac{360}{120} =$ 9,42 Fuß in einer Secunde. Dem beſchriebenen Apparate ſehr ähnlich iſt iſt der von Bourcart zu dem nämlichen Zwecke vorgeſchlagen, jedoch etwas mehr zuſammengeſetzt. — Bei weitem das vorzüglichſte Inſtrument iſt Woltmanns Strommeſſer oder hydrometriſcher Flügel, deſſen Beſchreibung ausführlich mitgetheilt zu werden verdient. Derſelbe beſteht aus einer in der Mitte vierkantig durchbohrten Scheibe (Fig. 327.) mit vier auf einander lothrechten Röhren, in welche die Stiele der vier Flügel A, B (welche beide allein ſichtbar ſind) geſteckt und nach gehöriger Richtung vermittels der Schrauben δ, δ feſtgeſchraubt werden. Die vierkantige Oeffnung wird auf das gleichfalls vierkantige Ende der Welle a b aufgeſteckt und mit der Schraube c feſtgeſchraubt. Die Welle a b iſt bei a etwas koniſch und wird durch die gleichfalls koniſche Oeffnung geſteckt, am andern Ende b aber durch die Spitze der Schraube r feſtgehalten. Sie hat in der Mitte eine Schraube ohne Ende d, deren Gewinde in die Zähne des Rades C eingreifen und letzteres herumdrehen. Das Rad ruht mit ſeiner Achſe in den Oeffnungen des Rahmens e f, welcher in e drehbar, in f aber an eine Schnur gebunden iſt, ſo daß das Rad ſich hebt und in die Schraube eingreift, wenn man dieſe Schnur in die Höhe zieht, aber wieder ſtill ſteht, wenn man die Schnur nachläßt, die Feder i den Rahmen niederdrückt und das Stiftchen k in die Zähne eingreift. Der Rahmen, welcher den ganzen Apparat hält, hat zwei Hülſen l, l, die ſich um die Stange m n drehen. Die Enden dieſer Stangen drehen ſich wieder in Hülſen mit verlängerten gekrümmten Lappen o, o, durch welche die den Apparat haltende Stange oder ein Pfahl geſteckt und zwiſchen den Lappen durch die Klemmſchrauben p, p feſtgeklemmt wird, um ihn in den Strom bis zu der erforderlichen Tiefe hinab-

Kataraften des Nil bei Alata und Syena ſind von Alters her bekannt. An der Bergſtraße von Fazuclo, am obern Nil, ſind drei Kataraften, deren einer 280 Fuß Höhe hat. Dort iſt der Fluß nicht breiter als die Tiber bei Rom, weßwegen die räuberiſchen Galla bei ihren Einfällen in Habeſch leicht überſetzen können. Die berühmten Waſſerfälle bei Syene ſind eigentlich die unterſten einer Reihe Stromſchnellen, welche die von Ibrim oder der Kennous, eines armen Fiſcher-Völkchens, genannt werden. Am ſtärkſten und eigentlichen Kataraften ähnlich iſt der Sturz bei Syene, Schellal genannt. Bei niedrigem Waſſerſtande fällt das Waſſer in drei Abſätzen zu 50 Fuß Länge ohngefähr 7 bis 8 Fuß herab, bei hohem wird alles zu einem reißenden, 3000 Fuß breiten Strome, welchen die nubiſchen Schiffer mit ihren Flößen nicht ohne Gefahr durchſegeln. Außerdem haben der Senegal und Zaire bei Yelala bedeutende Kataraften. Die Höhe des letztern wird zu 30 Faden, nach neuern Meſſungen zu 80 F. angegeben, jedoch iſt derſelbe ſehr impoſant, da man unter dem Bogen des herabſtürzenden Waſſers hingehen kann. Auch bei Rodezand ſah Lichtenſtein einen Waſſerfall von 30 — 40 F. Breite und 80 — 90 F. Höhe, obgleich der Fluß

---

zulaſſen. Der Rahmen hat zwei geſchlitzte Lappen, zwiſchen welche die breite und lange Fahne D geſteckt und vermittels der Schrauben g, g feſtgeklemmt wird, um den Flügeln ſtets die lothrechte Richtung gegen den Strom zu geben. Damit endlich die Flügel den gehörigen Abſtand vom Centrum und die erforderliche Richtung erhalten, bedient man ſich einer Scheibe vw, die am Arme x befeſtigt iſt, deſſen Halter am Arme st mit zwei Stiften in zwei Löcher bei u feſtgeſteckt wird. Vermittels dieſer Scheibe Fig. 328., die durch eine beſondere Zeichnuug verſinnlicht iſt, werden alle vier Flügel gerichtet und dann wird die Scheibe mit ihrem Halter weggenommen. Die Beobachtung geſchieht ſo, daß man den Strommeſſer an ſeiner Stange mit ſchlaffer Schnur, und nachdem zuvor die Scheibe C vermittels des Stifts k auf 0° der Theilung eingeſtellt worden iſt, bis zur erforderlichen Tiefe in das Waſſer eingeſenkt, wobei die Flügel die der Stromgeſchwindigkeit zugehörige Schnelligkeit der Umdrehung annehmen. Man zieht dann die Schnur ſchnell an, hält ſie während einer vermittels einer Secundenuhr genau gemeſſenen Zeit von 0,5 oder 1 Minute oder darüber feſt und läßt ſie dann eben ſo ſchnell los, ſo daß der Stift k das Rad wieder feſtſtellt und die Zahl der Zähne die Menge der Umdrehungen der Flügel angibt. Sind die Flügel in einem Winkel von 45° gegen die Strömung des Fluſſes gerichtet, ſo erfolgt der Theorie nach die Umdrehung mit gleicher Geſchwindigkeit, als die des fließenden Waſſers. Iſt alſo der Halbmeſſer der Flügel vom Centrum der Achſe ab an gerechnet $= r$, die Zahl der Umdrehungen oder der während t Secunden durch den Stift k gemeſſenen Zähne $= n$, der beſtändige Coefficient $= m$, ſo iſt die Geſchwindigkeit $V = m \cdot 2 r \cdot \pi \cdot \frac{n}{t}$. — Man thut indeß wohl, die Flügel in einen Winkel von etwa 43° zu richten und den beſtändigen Coefficienten m durch Verſuche auszumitteln.

damals nur klein war. — In Amerika ſind viele unglaublich ſchöne Waſſerfälle, worunter der des Patowmak in den Alghehenny-Bergen von 72 F. Höhe und 800 F. Breite; des Cohoz, 30 F. hoch; des Geneſſee, zwei von 60 bis 80 F. Höhe; des Paſſaik, von 70 F.; des Connecticut, von 60 F.; vor allen andern aber des Rio Vinagre bei Puraze, von 370 F.; des Rio de Bogota bei Tequendama, von 537 F. und des Niagara, von 163 F. die vorzüglichſten ſind. Die drei letztern, bekannt durch von Humboldt's maleriſche Beſchreibung, verdienen als eigentliche Naturwunder etwas genauer gekannt zu werden. — In einer Höhe von 2650 Metern über der Meeresfläche iſt eine kleine, von Indianern bewohnte und herrlich angebaute Ebene (Llano del Corazas). Sie iſt durch zwei Schluchten begrenzt, an deren einer das liebliche Dorf Puraze unfern des Vulkans gleiches Namens liegt. Hier iſt der reizende Waſſerfall, durch den kleinen Fluß Rio Vinagre gebildet, deſſen Waſſer warm iſt, und einen ſäuerlichen Geſchmack hat. Derſelbe hat drei Cascaden, und ſtürzt in eine Schlucht von 120 Metern hinab, wo er unten in Staub und Schaum verwandelt wird. — Ein einziger Fluß, der Funzha, meiſtens Rio de Bogota genannt, nimmt alles Waſſer des 2660 Metres über dem Meeresſpiegel liegenden Thales von Bogota auf. Er verläßt dieſes Thal bei der Meierei von Tequendama, indem er ſich durch eine Oeffnung in eine Schlucht ſtürzt, die ſich gegen das Baſſin des Magdalenenfluſſes hinzieht. Der hier befindliche Waſſerfall vereinigt alles, was eine Gegend maleriſch machen kann. Mit Unrecht wird er dort für den höchſten in der Welt gehalten, aber gewiß iſt wohl, daß es kaum noch einen anderen gibt, welcher eine ſo große Menge Waſſers mit einer ſo anſehnlichen Fallhöhe verbindet. Nicht weit über dem Falle hat der Fluß noch eine Breite von 41 Metern, beim Anfange der anſcheinend durch ein Erdbeben gebildeten Kluft aber muß er ſich zu 10 bis 12 Meter Breite verengen. Hier ſtürzt die geſammte Waſſermaſſe in zwei Streifen in eine Tiefe von 175 Meter herab, und auch zur Zeit der Dürre hat ſie ein Profil von 90 Quadratmetern. Obgleich beim Sturze eine Menge Waſſer in Dunſt verwandelt wird, ſo iſt der Strom dennoch unten dergeſtalt reißend, daß ſich der Beobachter dem vom Waſſerfalle ausgehöhlten Baſſin auf 140 Meter nicht nähern kann. Nur ſchwach wird die Schlucht vom Tageslichte erhellt. Die Einſamkeit des Ortes, der Reichthum der Vegetation und das ſchreckliche Geräuſch des ſtürzenden Waſſers machen den Fuß dieſer Cascade zu einer der wildeſten Gegenden in den Cordilleren. — Der ſtärkſte Waſſerfall, den es wahrſcheinlich auf der Erde gibt, iſt der des Niagara. Muncke, von dem auch die vorhergehenden Angaben entlehnt ſind, theilt folgende Beſchreibung deſſelben mit. Der Fluß iſt weit von dem Falle ½ Meile breit und fließt mäßig geſchwind, aber immer ſchneller, je näher dem Sturze. In einem engen Bette fließt er bis zu einer etwa 1400 F. langen Felſeninſel, welche ihn ſpaltet und ſich bis an den Sturz erſtreckt. 2½ Meilen von dem Falle kann der Strom nicht mehr befahren werden, und die einſchließenden Berge rücken immer mehr zuſammen. Die trennende Inſel iſt am Ende etwa 120 F. breit. Der eine Arm,

1800 Fuß breit, iſt vor dem Sturze viel reißender, und brauſet über verborgene Klippen, bis er ſich lothrecht 137 Fuß herabſtürzt. Der andere Arm iſt kleiner, 1050 Fuß breit, fällt aber höher herab. Das Getöſe gleicht dem Donner, und der Anblick des herabſtürzenden und aufſchäumenden Waſſers gewährt einen ſchaudervollen Eindruck. Dünſte ſteigen ſtets als ein dichter Nebel empor, und gleichen aus der Ferne einer dicken Rauchſäule von brennenden Waldungen, worin die Sonnenſtrahlen Regenbogen erzeugen. Die niedergedrückte Luft ſteigt in Kugeln in die Höhe, und ſchleudert das Waſſer hoch empor. Im Winter gefriert der Nebel an den Bäumen zu den herrlichſten Kryſtallen. Der Boden bebt, und das Getöſe hört man bis vier Meilen. In der großen Kluft unterhalb des Falles hat der Strom noch einen Fall, $1\frac{1}{2}$ Meilen weiter unten, von wenigſtens 65 Fuß Höhe, und man glaubt, daß beide ehemals zuſammengehangen haben, die Felſen aber ausgeſpült ſind. Die Europäer haben ihn jedoch nie anders gekannt. Unterhalb des Waſſerfalls ſetzt er aus dem gebildeten Schaume vielen Sinter ab.

Die Ueberſchwemmungen der Flüſſe, deren ſchon oben gedacht wurde, ſind theils regelmäßig wiederkehrend, theils unregelmäßig. Die regelmäßig wiederkehrenden haben ihren Urſprung in großartigen Naturereigniſſen, welche mit dem Wechſel der Jahreszeiten zuſammenhängen, die unregelmäßigen rühren von unregelmäßig eintretenden Naturereigniſſen ab, namentlich von Wolkenbrüchen, und da dieſe gegen die obenerwähnten Naturereigniſſe immer nur unbedeutend, und auch gegen die Waſſermenge der großen Ströme nicht von großer Bedeutung ſind, ſo treten ſie am merklichſten nur bei kleineren Flüſſen auf. So werden kleine Bäche oft durch einen Wolkenbruch, oder durch plötzliches Schmelzen des Schnees in den Gebirgen zu reißenden Sturz- und Wildbächen, die oft große Verheerungen veranlaſſen. Die regelmäßigen Ueberſchwemmungen der großen Ströme rühren theils von dem regelmäßig in der warmen Jahreszeit eintretenden Schmelzen des Schnees auf den hohen Gebirgen, aus denen ſie ſelbſt und die meiſten ihrer Nebenflüſſe kommen, theils, und dieſes iſt beſonders bei den Strömen der heißen Zone der Fall, von den periodiſchen Regengüſſen her, deren Waſſer ſich in ihnen ſammelt. Unregelmäßige Ueberſchwemmungen zeigt unter den großen Flüſſen vorzüglich nur die Donau. Die Nebenflüſſe dieſes Stromes entſpringen nämlich großentheils in einer Ausdehnung der Alpen, welche gleichzeitig durch heftige Regen getroffen werden können. Regelmäßig jährlich wiederkehrende Ueberſchwemmungen haben der Rhein, die Donau, der Nil, der Zaire, der Senegal und Pegu, die Wolga, der Euphrat, der Ganges, der Menan, der Jeneſei, der Parana zweimal des Jahres, der Rio Dolce, der Orinoko, der Plata, der Amazonenfluß, der Miſſiſippi u. a. Am bekannteſten ſind die Nilüberſchwemmungen, obgleich ſie an Größe denen mehrer anderer Flüſſe, namentlich der Wolga, des Ganges, Miſſiſippi, Orinoko, Amazonenfluſſes und anderer nicht gleich kommen. Im Mai beginnen die periodiſchen Regen, und ſchmelzen den Schnee auf den Mondgebirgen, wonach das Waſſer in der Mitte Juni in Aegypten ankommt.

Anfangs ſteigt das Waſſer in drei Tagen nur etwa einen Zoll, ſo daß bis Ende Juni die Schwellen unmerklich bleiben, dann ſtärker 46 Tage lang, zuletzt täglich 4,8 Zolle. Die Höhe des Waſſers kann vermindert, und ſeine Ankunft verzögert werden durch heftige Nordwinde, welche das Waſſer aufhalten und die Wolken vertreiben, ſo daß ſie ſich weniger entladen. Nach einem Mittel aus 30 Jahren trifft die größte Höhe nie früher oder ſpäter als in der erſten oder zweiten Woche des Monats Auguſt. Ehemals bedurfte man nur 16 Fuß vom Nullpunkte des Nilmeſſers, jetzt aber, da der Boden erhöht iſt, muß er 24 Fuß ſteigen, um das Land gehörig zu bewäſſern. Es herrſcht dann große Freude, der Hauptcanal bei Cairo wird mit Feierlichkeit durchſtochen, und die Bewäſſerung beginnt. Das Waſſer erhält ſich bis Anfang September, fällt dann, und überzieht den hinlänglich befeuchteten Boden mit fruchtbarem Schlamme. Man erntet demnächſt dreimal, erſt Gemüſe, dann Korn, dann wieder Gemüſe. — Bei Damiate und Raſchid kommen die Schöpfräder der Bewäſſerung zu Hilfe. In Oberägypten muß das Waſſer 30 bis 35 Fuß, in Mittelägypten 20 bis 25 Fuß, in Unterägypten 14 bis 15 Fuß ſteigen, wenn die Bewäſſerung vollſtändig ſein ſoll. Die alten Aegyptier kannten den Waſſerſtand genau nach der Angabe ihres Nilmeſſers zu Memphis, und kamen der Bewäſſerung durch künſtliche Mittel, wozu der See Möris, der Joſeph's Canal u. a. dienten, zu Hilfe. Außer dem Schlamm führt der Nil auch Sand, und hat dadurch nicht bloß das Delta gebildet, ſondern auch dieſes und ſein eigenes Bette erhöhet. Das Waſſer dringt indeß von unten her durch den Sand in den Boden, befeuchtet dieſen, und macht ihn zum Anbau von Zuckerrohr, Indigo und Baumwolle geſchickt, welche in dem überſchwemmten Boden nicht gedeihen. Die Quantität des Nilwaſſers vermehrt ſich bei dem Schwellen um das Neunfache. Gewöhnlich iſt ſein Waſſer ſehr rein, klar und mild, auch geſund, wird zum Trinken gebraucht, und iſt ſelbſt bis Fezzan das Bild der Reinheit und Anmuth. Auch im Anfange der Schwellen iſt es völlig klar, wird demnächſt grünlich von den ſtagnirenden Sümpfen der Shangalla, und endlich röthlich von der Erde der Sennaarterraſſe, iſt aber zum Trinken nicht ſchädlich. Bei ſehr niedrigem Stande iſt er bis Roſette 1,5 Stunden vom Meere ſalzig, weil das Meerwaſſer eindringt, und man kann ihn nicht befahren, zur Zeit der Schwellen kommt man jedoch bequem in acht Tagen von Cairo nach Aſſiut. — Beim Ganges entſtehen die Schwellen durch die Regenzeit und das Schmelzen des Schnees auf den Himalaya-Gebirgen. In ſeinem obern Theile beginnen die periodiſchen Regen ſchon im April, im untern erſt im Juni; das Waſſer ſteigt in den erſten 14 Tagen täglich nur etwa 1 Zoll, dann 3, 4, 5 und mehr Zoll, ſo daß der Fluß Ende Juni ſchon über 15 Fuß gewachſen iſt. Im Mittel wird ſeine Höhe um 32 Fuß vermehrt, und das ganze Flachland zwiſchen ihm und dem Burremputr in einen großen See verwandelt, aus welchem die Ortſchaften mit ihren Dämmen wie Inſeln hervorragen. Der Strom unterſcheidet ſich ſtets von dem ſtagnirenden Waſſer durch ſeine reißende Bewegung und ſein trübes Anſehen. Weht der Wind ihm entgegen, ſo ſteigt die Fluth

ungewöhnlich, und richtet große Verheerungen an. In der Mitte Auguſt fängt das Waſſer an zu fallen, und in den naſſen Schlamm wird Reis geſäet, welcher ausnehmend gedeiht. Während der Ueberſchwemmung findet Binnenſchifffahrt zwiſchen Bengalen und Behar über einen Landſtrich von 14900 Quadratmeilen (1800 mehr als Großbritannien) ſtatt, indem etwa 30000 Schiffer für die Bedürfniſſe von 10 Millionen Menſchen ſorgen. Der Amazonenfluß bietet ähnliche, wo möglich noch großartigere, Erſcheinungen dar.

Einige Flüſſe verſchwinden unter Felſen und treten ſpäter wieder hervor. Sehr bekannt iſt in dieſer Beziehung die Perte du Rhône. Die Rohne hat unterhalb Genf eine Breite von etwa 300 Fuß, ihre Ufer verengern ſich aber bei Fort Ecluſe, daß ſie in einer Breite von nur 50 Fuß zwiſchen und über Felſen hinrauſcht. Endlich verſchwindet ſie unter einem Felſengang und bricht aus demſelben in einer Entfernung von 60 Schritt wieder hervor. Der Timavo fließt von Fiume nach Canciano, fällt hier in eine Höhle am Fuße eines Berges, kommt wieder hervor, ſtürzt abermals in einen Abgrund und bricht aus dieſem endlich durch 7 Oeffnungen bei Divino wieder hervor. In Surrey bei Darking verſchwindet der Fluß Mole, und tritt unter ſtarkem Brauſen bei Leatherhead wieder hervor. Ohnweit ihres Urſprunges verſchwindet auch die Guadiana, welche in einem See wieder austritt. In Norwegen verſchwand der Gaule 1344 in die Erde und brach nach einigen Tagen mit ſolcher Heftigkeit wieder hervor, daß er das angrenzende Thal mit Erde und Steinen anfüllte, ſich einen Damm bildete, dieſen endlich durchbrach und einige Kirchen nebſt 48 Bauerhöfen zerſtörte, und dabei 250 Menſchen das Leben raubte. In Saltens Vogtei bei Gillesdaal ſtürzt ſich ein großer ſchöner Waſſerfall in einen tiefen Trichter, den Helvedskiedel (Höllenkeſſel) in Kalkfelſen, verſchwindet darin und kommt in großer Entfernung in der Nähe des Meeres wieder zum Vorſchein. Viele ähnliche Fälle von Waſſerſchwinden kommen in Nordamerika, in der Schweiz und an andern Orten vor. Zuweilen verſchwinden aber auch Flüſſe, ohne irgend wo wieder zum Vorſchein zu kommen. Einige enden in einer nicht bedeutenden Lache, andere verſiegen im Sande. Am großartigſten kommt dieſes Phänomen in den großen afrikaniſchen Sandwüſten vor. Der Poorally in Beludchiſtan hat in der Regenzeit eine Breite von 2 engl. Meilen, trocknet aber nachher ſo völlig aus, daß ſein Flußbett als Heerſtraße dient. Das merkwürdigſte Beiſpiel iſt der Orange-River. Er entſpringt in den Gebirgen und hat während des Sommers in Folge der Gewitter und periodiſchen Regen hinreichend Waſſer, um ſelbſt Kriegsſchiffe tragen zu können. Im oberen Laufe drängt er ſich zwiſchen Felſen durch, zwiſchen denen die ausgeriſſenen Baumſtämme oft einen Damm bilden, und große Ueberſchwemmungen verurſachen. Nach der Küſte hin wird er ſeichter und verſiegt im Winter gänzlich nach einem Laufe von 150 Meilen, und nachdem er viele große Flüſſe aufgenommen. Der Krooman oder Kuruhman in Afrika bricht unter 28° 50′ ſüdl. Br. als ein ſtarker Strom aus unterirdiſchen Felſenſchluchten hervor und verſiegt bald nachher im

41*

Sande, ohne irgend wo wieder zum Vorſchein zu kommen. Drei große Flüſſe in Neu-Süd-Wallis verſiegen in Sümpfen.

Wenn der Wind dem Laufe der Flüſſe entgegenweht, ſo hält er das Waſſer in der Schnelligkeit ſeines Laufes auf. Am bedeutendſten geſchieht dieſes in ſolchen Flüſſen, welche vor ihrer Mündung ins Meer eine große Strecke weit geradlinig durch flaches Land gehen. Hier treibt der Wind ſogar das Seewaſſer zuweilen ſtromaufwärts und bewirkt Ueberſchwemmungen. Ans Unglaubliche grenzt eine Erſcheinung, die ſich im April 1793 im La Plata ereignet haben ſoll. Ein heftiger anhaltender Wind bließ dem Strome entgegen und häufte die ungeheure Waſſermaſſe 10 franz. Meilen entlang auf, ſo daß oberwärts das Land weithin überſchwemmt war, bei der Mündung aber das Strombett ſo völlig leer wurde, daß man trocknen Fußes darin gehen konnte und früher verſunkene Schiffe, unter andern ein 1762 verſunkenes engliſches Schiff, ſichtbar wurden, und von den Anwohnern des Fluſſes ausgebeutet werden konnten. Erſt nach 3 Tagen kehrte der Strom mit ungeheurer Gewalt in ſein früheres Bett zurück. Ueber die Wirkung der Ebbe und Fluth auf die Flüſſe und die damit zuſammenhängenden merkwürdigen Erſcheinungen, ſ. d. Art. Ebbe und Fluth.

Strontium, ein leichtes Metall, die Baſis des Strontians, eines dem Baryt ähnlichen Alkalis, welches ſich als Cöleſtin oxydirt, mit Schwefelſäure verbunden findet, mit Kohlenſäure als Strontianit und im Arragonit, auch den Schwerſpath öfters begleitet. Nach Berzelius findet es ſich in geringer Menge im Karlsbader und nach Brandes auch im Pyrmonter Mineralwaſſer. Es hat große Aehnlichkeit mit dem Baryum, und wurde zuerſt von H. Davy dargeſtellt. Der Strontian oder die Strontianerde, eine Verbindung von Strontium u. Sauerſtoff iſt alkaliſch, grauweiß, porös und nicht wohl ſchmelzbar. Er gibt mit wenig Waſſer ein weißes ſchmelzbares Hydrat, mit mehr Waſſer Kryſtalle, und mit noch mehr Waſſer Strontianwaſſer. Die Strontianſalze ertheilen der Flamme des Weingeiſtes, wenn ſie darin gelöſt wurden, ſo wie der Flamme des Fettes u. ſ. w. vor dem Löthrohr eine purpurrothe Farbe. Der ſalpeterſaure Strontian kryſtalliſirt waſſerleer in regelmäßigen Oktaëdern und iſt luftbeſtändig; waſſerhaltig in ſchiefen rhombiſchen Säulen und deren Abänderungen, und verwittert an der Luft. Der ſalzſaure Strontian kryſtalliſirt in ſechsſeitigen Nadeln, die aus der Luft Feuchtigkeit anziehen und im Weingeiſt löslich ſind. Die Verbindungen mit Chlor, Jod, Schwefel und Phosphor, verhalten ſich übrigens wie die analogen Barytverbindungen, zeichnen ſich aber im Allgemeinen durch leichtere Löslichkeit im Waſſer aus. Man bedient ſich der Verbindungen des Strontiums bei Feuerwerken zur Erzeugung einer ſchön purpurrothen Flamme.

Sublimation, iſt eine chemiſche Operation, bei welcher die flüchtigeren Beſtandtheile einer Maſſe (durch Wärme) von den feuerbeſtändigen getrennt, verflüchtigt, und aus der Dampfform in feſter

Geſtalt niedergeſchlagen werden. Dieſe feſte Subſtanz zu gewinnen iſt der Zweck der Sublimation. Man bezweckt durch die Sublimation häufig auch eine Vereinigung mehrer flüchtigen Stoffe durch Wärme. Die Producte oder Educte der Sublimation heißen Sublimate, und Blumen, wenn ſie in Geſtalt zarter lockerer Anflüge auftreten. Bei ſehr flüchtigen Subſtanzen bedient man ſich zur Sublimation, wie bei der Deſtillation (ſ. d. Art.) der Retorten mit Vorlagen; ſonſt wohl auch eines Kolbens mit Helm oder zweier auf einander geſtürzter Tiegel.

Sümpfe, Moore, Moräſte, Brüche, werden Gegenden genannt, wo ſich Waſſeranſammlungen im lockeren Erdreich ſo gebildet haben, daß auf dem trüben mehr oder weniger tiefer ſtehenden Waſſer eine lockere, leichte, von vielen Pflanzenwurzeln und Faſern durchwachſene und zuſammengehaltene Erdſchicht ſchwimmt. Zuweilen iſt dieſelbe mit niedrigem Gebüſch bewachſen. Einige Moore (die feſteren, bewachſenen) werden zu Viehweiden, andere nur zu Torfgewinnung benutzt. Die Ausdünſtungen der in dem Waſſer verfaulenden Pflanzentheile, welche namentlich bei Temperaturerhöhung eintreten, ſind ſehr unangenehm und der Geſundheit nachtheilig. Die Baumſtämme, welche man in vielen Sümpfen findet, laſſen vermuthen, daß viele Brüche ehedem mit Bäumen bewachſen waren. Die Sümpfe entſtehen da, wo Quellen und Flüſſe wegen eines ſich nach keiner Richtung hin abflachenden Terrains, in einem erdreichen Boden keinen ungehinderten Abfluß finden. Im nördlichen Europa und Amerika kommen die bedeutendſten Sumpfgegenden vor. Das große Torfmoor zwiſchen Eupen und Malmedy liegt 2800 Fuß über dem Niveau des Meeres. Die Entfernung dieſer Orte beträgt 6 Meilen, auf denen nur ein einziges Haus ſteht. Aus den hier liegenden vielen Sümpfen gehen Bäche nach allen vier Weltgegenden aus. In Holland, wo an einigen Stellen das Land tiefer als die Meeresoberfläche liegt, gibt es viele Sümpfe. De Luc erklärt jenen Umſtand daraus, daß in dem (durch Dämme abgeſchützten) Moorlande, das Waſſer allmählig verdunſtet und die obere Erdkruſte herabgeſunken ſei. Daher müſſen auch die Binnenwater durch künſtliche Mittel hinweggeſchafft werden. Bedeutende Sümpfe ſind in Deutſchland das Teufelsmoor bei Bremen, das Burtanger an der Grenze des Oldenburgiſchen und die Sümpfe im Lüneburgiſchen, im Holſteiniſchen und in Pommern. Auch in Norwegen kommen anſehnliche Sümpfe vor, die zum Theil an Bergen liegen. Bei Leſſoe iſt faſt eine Meile weit ein hölzerner Damm geführt, Menſch oder Thier, das ſtrauchelt, verſinkt faſt augenblicklich. Die Decke des Moraſtes Sövenház bei Raab wird mehre Quadratmeilen weit von einer ſchwankenden mit gutem Graſe bewachſenen Erdrinde bedeckt. Berühmt ſind aus dem Alterthume die Pontiniſchen Sümpfe in der Gegend von Rom, an der neapolitaniſchen Grenze in ſüdweſtlicher Richtung von Rom. Ihre Länge von Ciſterna bis Terracina beträgt 42000 Meter, ihre Breite iſt aber viel geringer. Im NW. werden ſie von Kalkbergen (Mont Lepine), im SW. vom Meere durch angeſchwemmte

Gebirge und eine Reihe Dünen begrenzt. Jenſeits dieſer Dünen haben ſich neue Sümpfe und eine zweite Reihe Dünen durch das Meer gebildet. Der Berg Circeo, 525 Meter hoch, iſt der Hauptpunkt am Ufer, als Widerſtand gegen die Wellen. Die ganze Fläche derſelben hält 130261,07 Hectaren. Näher bezeichnet enthalten ſie im eigentlichen Profil in Aren

	rechte Seite	linke Seite der via Appia
Kornland	124151	227273
Maisland	28611	232609
Weide	583562	227982
Moraſt	81715	127031
Urſprungs-Moraſt	140267	111418
Total . .	958306	926313

Summe des in Erbzinspacht gegebenen	1884619
Wege, Canäle u. ſ. w.	77677
Verpachtete Raine	1070629
Total . .	3032925 Aren (franz. Ares).

So viel man weiß, wohnten anfangs Volsker in dieſer Gegend, und hatten den Boden geſund und fruchtbar gemacht, bis ſie von den Römern unterjocht wurden. Ob dieſer Zuſtand der Gegend noch beſtand, als 422 n. R. E. die via Appia durch App. Claudius Coecus gebaut wurde, iſt ungewiß, aber 280 Jahr ſpäter unternahm Corn. Cethegus die Austrocknung derſelben, wurde aber hieran durch den Tod Cäſars gehindert. Auguſtus unternahm dieſes abermals, und man glaubt, daß er einen ſchiffbaren Canal in der Länge der Sümpfe neben der Appiſchen Straße wieder hergeſtellt habe. Von ihm rührt noch ein Canal her, welcher am Fuße des Berges Circeo vorbei, an der Seite von Terracina ſich nach dem Ufer des Meeres erſtreckt. Die via Appia wurde unter Nerva und Trajan reparirt, aber Austrocknungsverſuche machte zuerſt wieder der Patricier Decius unter Theodorich mit vollkommenem Erfolge. Die Sache dauerte aber nicht lange, und es wurde die Arbeit wiederholt unter den Päbſten Leo X., Sixtus V. und vorzüglich Pius VI. Der erſtere ließ im Anfange des 16. Jahrhunders unter der Leitung des Julius von Medicis durch den Ingenieur Giovanni Scotti, den ſogenannten Portatore di Badino bauen, wodurch die Sümpfe einen Abfluß ins Meer erhielten. Der zweite brachte den Canal Siſto 1588 durch Aſcanio Fenizi zu Stande; der dritte endlich legte im 18. Jahrhundert einige bedeutende Werke an, vorzüglich einen Canal, linea morta genannt, unter der Leitung des Rapini von 1777 — 1781. — Die Ungeſundheit der Sümpfe wird hauptſächlich bedingt durch die zahlreichen Inſekten, welche dort entſtehen und vermodern, nebſt der Menge von Waſſerthieren. Die Ausdünſtungen der Pontiniſchen Sümpfe gehen des großen zwiſchenliegenden Waldes von Simonetta ungeachtet auf 40

Meilen bis Rom. Die Flüſſe Amoſenus und Ufens erzeugen durch ihre Ueberſchwemmungen dieſe Sümpfe, welche der Sitz weniger armer und bleicher Fiſcher ſind, umgeben von zahlloſen Heerden Inſekten und Fröchen.

Zuweilen werden große Strecken der auf dem Waſſer ſchwimmenden Erdſchicht in der Nähe eines Sees losgeriſſen, und treiben dann ſchwimmend auf dem Waſſer, ſogenannte ſchwimmende Inſeln bildend. Sie ſinken auch zuweilen nieder und heben ſich ſpäter wieder empor. Schon Herodot erzählt von einer ſchwimmenden Inſel Chemnis auf einem breiten und tiefen See bei Butus in Unterägypten. Sie mußte feſtes Erdreich enthalten, denn ſie war mit vielen Bäumen bepflanzt und auf ihr ſtanden ein Tempel des Apollon und drei Altäre. Sie ſoll wie eine andere in Lydien, von der Seneca erzählt, aus Bimſtein (der bekanntlich auf dem Waſſer ſchwimmt) beſtanden haben. Die Möglichkeit und Wirklichkeit ſolcher Inſeln iſt erwieſen. Ein Theil einer moraſtigen Gegend, Holway-Neß in England, wurde einſt mit Häuſern und Bäumen u. ſ. w. nach einem ſtarken Regen plötzlich aufgehoben und fortgerückt. Eben ſo wurde in Irland in der Grafſchaft Galway 1745 nach einem heftigen Sturme mit ſtarkem Regen eine Strecke des Torfmoores aufgehoben, und über einen 300 Morgen ausgedehnten Wieſengrund getrieben. Aber auch auf dem Waſſer bewegen ſich ſolche Inſeln, wie namentlich eine im Gerdauer-See in Oſtpreußen aus Binſen, Reiſig und Wurzelfaſern beſtehend und mit Erde bedeckt, übrigens von ſolcher Maſſe und Ausdehnung, daß gegen 100 Stück Vieh darauf weideten. Im Jahre 1510 wird ihrer zuerſt gedacht, 1707 war ſie in 3 Stücke getheilt, auf deren größtem noch etwa 30 Stück Vieh weiden konnten. Wo ſie antrieb, wurde ſie von den Anwohnern feſtgebunden, und dadurch allmählig zerſtückelt. Im See Icker in Osnabrück ſoll es eine ſchwimmende Inſel mit Erlen von 15 Fuß Höhe gegeben haben; bei Rovigo aber, zwiſchen Etſch und Po ſollen ſich deren mehre vom Winde umhergetrieben befinden, wovon die Größe der einen auf 100 Morgen geſchätzt wird. — In Schweden im See Ralängen iſt eine unter Waſſer befindliche ſchwimmende Inſel, 280 Fuß lang, 220 Fuß breit, meiſtens 8 bis 10 Fuß unter Waſſer. Oft iſt ſie emporgekommen, und einige Zeit ſchwimmend geblieben, z. B. 1696 Anfang October 14 Tage, 1712 im Auguſt 6 Wochen, 1726 vom 7. bis 29. September, 1743 vom 5. September bis 9. October, 1746 vom Ende Auguſt an 6 Wochen. Man fand viele Baumſtämme auf ihr, die Erdrinde wurde ſo hart, daß man darauf gehen konnte. — Im See Nimmern in Oſtgothland war eine Inſel 150 Fuß lang, 50 Fuß breit, welche 1749 herauf kam, und 12 Wochen umherſchwamm. Sie hatte gleichfalls viele Baumſtämme und trug einige ſehr ſchwere Steine. — Eine ſchwimmende Inſel, Keswick im See Derwent in England, hält ohngefähr 6 Fuß in der Dicke, befindet ſich 150 Yards vom Ufer, iſt oft einen ganzen Morgen ausgedehnt, zuweilen nur wenige Ellen, erhebt ſich zu Zeiten mehrmals in einem Sommer, vorzüglich bei warmer und trockner Witterung, zuweilen kommt ſie in 6 bis 7 Jahren

Sande, ohne irgend wo wieder zum Vorſchein zu kommen. Drei große Flüſſe in Neu-Süd-Wallis verſiegen in Sümpfen.

Wenn der Wind dem Laufe der Flüſſe entgegenweht, ſo hält er das Waſſer in der Schnelligkeit ſeines Laufes auf. Am bedeutendſten geſchieht dieſes in ſolchen Flüſſen, welche vor ihrer Mündung ins Meer eine große Strecke weit geradlinig durch flaches Land gehen. Hier treibt der Wind ſogar das Seewaſſer zuweilen ſtromaufwärts und bewirkt Ueberſchwemmungen. Ans Unglaubliche grenzt eine Erſcheinung, die ſich im April 1793 im La Plata ereignet haben ſoll. Ein heftiger anhaltender Wind bließ dem Strome entgegen und häufte die ungeheure Waſſermaſſe 10 franz. Meilen entlang auf, ſo daß oberwärts das Land weithin überſchwemmt war, bei der Mündung aber das Strombett ſo völlig leer wurde, daß man trocknen Fußes darin gehen konnte und früher verſunkene Schiffe, unter andern ein 1762 verſunkenes engliſches Schiff, ſichtbar wurden, und von den Anwohnern des Fluſſes ausgebeutet werden konnten. Erſt nach 3 Tagen kehrte der Strom mit ungeheurer Gewalt in ſein früheres Bett zurück. Ueber die Wirkung der Ebbe und Fluth auf die Flüſſe und die damit zuſammenhängenden merkwürdigen Erſcheinungen, ſ. d. Art. Ebbe und Fluth.

Strontium, ein leichtes Metall, die Baſis des Strontians, eines dem Baryt ähnlichen Alkalis, welches ſich als Cöleſtin oxydirt, mit Schwefelſäure verbunden findet, mit Kohlenſäure als Strontianit und im Arragonit, auch den Schwerſpath öfters begleitet. Nach Berzelius findet es ſich in geringer Menge im Karlsbader und nach Brandes auch im Pyrmonter Mineralwaſſer. Es hat große Aehnlichkeit mit dem Baryum, und wurde zuerſt von H. Davy dargeſtellt. Der Strontian oder die Strontianerde, eine Verbindung von Strontium u. Sauerſtoff iſt alkaliſch, grauweiß, porös und nicht wohl ſchmelzbar. Er gibt mit wenig Waſſer ein weißes ſchmelzbares Hydrat, mit mehr Waſſer Kryſtalle, und mit noch mehr Waſſer Strontianwaſſer. Die Strontianſalze ertheilen der Flamme des Weingeiſtes, wenn ſie darin gelöſt wurden, ſo wie der Flamme des Fettes u. ſ. w. vor dem Löthrohr eine purpurrothe Farbe. Der ſalpeterſaure Strontian kryſtalliſirt waſſerleer in regelmäßigen Oktaëdern und iſt luftbeſtändig; waſſerhaltig in ſchiefen rhombiſchen Säulen und deren Abänderungen, und verwittert an der Luft. Der ſalzſaure Strontian kryſtalliſirt in ſechsſeitigen Nadeln, die aus der Luft Feuchtigkeit anziehen und im Weingeiſt löslich ſind. Die Verbindungen mit Chlor, Jod, Schwefel und Phosphor, verhalten ſich übrigens wie die analogen Barytverbindungen, zeichnen ſich aber im Allgemeinen durch leichtere Löslichkeit im Waſſer aus. Man bedient ſich der Verbindungen des Strontiums bei Feuerwerken zur Erzeugung einer ſchön purpurrothen Flamme.

Sublimation, iſt eine chemiſche Operation, bei welcher die flüchtigeren Beſtandtheile einer Maſſe (durch Wärme) von den feuerbeſtändigen getrennt, verflüchtigt, und aus der Dampfform in feſter

Geſtalt niedergeſchlagen werden. Dieſe feſte Subſtanz zu gewinnen iſt der Zweck der Sublimation. Man bezweckt durch die Sublimation häufig auch eine Vereinigung mehrer flüchtigen Stoffe durch Wärme. Die Producte oder Educte der Sublimation heißen Sublimate, und Blumen, wenn ſie in Geſtalt zarter lockerer Anflüge auftreten. Bei ſehr flüchtigen Subſtanzen bedient man ſich zur Sublimation, wie bei der Deſtillation (ſ. d. Art.) der Retorten mit Vorlagen; ſonſt wohl auch eines Kolbens mit Helm oder zweier auf einander geſtürzter Tiegel.

Sümpfe, Moore, Moräſte, Brüche, werden Gegenden genannt, wo ſich Waſſeranſammlungen im lockeren Erdreich ſo gebildet haben, daß auf dem trüben mehr oder weniger tiefer ſtehenden Waſſer eine lockere, leichte, von vielen Pflanzenwurzeln und Faſern durchwachſene und zuſammengehaltene Erdſchicht ſchwimmt. Zuweilen iſt dieſelbe mit niedrigem Gebüſch bewachſen. Einige Moore (die feſteren, bewachſenen) werden zu Viehweiden, andere nur zu Torfgewinnung benutzt. Die Ausdünſtungen der in dem Waſſer verfaulenden Pflanzentheile, welche namentlich bei Temperaturerhöhung eintreten, ſind ſehr unangenehm und der Geſundheit nachtheilig. Die Baumſtämme, welche man in vielen Sümpfen findet, laſſen vermuthen, daß viele Brüche ehedem mit Bäumen bewachſen waren. Die Sümpfe entſtehen da, wo Quellen und Flüſſe wegen eines ſich nach keiner Richtung hin abflachenden Terrains, in einem erdreichen Boden keinen ungehinderten Abfluß finden. Im nördlichen Europa und Amerika kommen die bedeutendſten Sumpfgegenden vor. Das große Torfmoor zwiſchen Eupen und Malmedy liegt 2800 Fuß über dem Niveau des Meeres. Die Entfernung dieſer Orte beträgt 6 Meilen, auf denen nur ein einziges Haus ſteht. Aus den hier liegenden vielen Sümpfen gehen Bäche nach allen vier Weltgegenden aus. In Holland, wo an einigen Stellen das Land tiefer als die Meeresoberfläche liegt, gibt es viele Sümpfe. De Luc erklärt jenen Umſtand daraus, daß in dem (durch Dämme abgeſchützten) Moorlande, das Waſſer allmählig verdunſtet und die obere Erdkruſte herabgeſunken ſei. Daher müſſen auch die Binnenwater durch künſtliche Mittel hinweggeſchafft werden. Bedeutende Sümpfe ſind in Deutſchland das Teufelsmoor bei Bremen, das Burtanger an der Grenze des Oldenburgiſchen und die Sümpfe im Lüneburgiſchen, im Holſteiniſchen und in Pommern. Auch in Norwegen kommen anſehnliche Sümpfe vor, die zum Theil an Bergen liegen. Bei Leſſoe iſt faſt eine Meile weit ein hölzerner Damm geführt, Menſch oder Thier, das ſtrauchelt, verſinkt faſt augenblicklich. Die Decke des Moraſtes Sövenház bei Raab wird mehre Quadratmeilen weit von einer ſchwankenden mit gutem Graſe bewachſenen Erdrinde bedeckt. Berühmt ſind aus dem Alterthume die Pontiniſchen Sümpfe in der Gegend von Rom, an der neapolitaniſchen Grenze in ſüdweſtlicher Richtung von Rom. Ihre Länge von Ciſterna bis Terracina beträgt 42000 Meter, ihre Breite iſt aber viel geringer. Im NW. werden ſie von Kalkbergen (Mont Lepine), im SW. vom Meere durch angeſchwemmte

Gebirge und eine Reihe Dünen begrenzt. Jenſeits dieſer Dünen haben ſich neue Sümpfe und eine zweite Reihe Dünen durch das Meer gebildet. Der Berg Circeo, 525 Meter hoch, iſt der Hauptpunkt am Ufer, als Widerſtand gegen die Wellen. Die ganze Fläche derſelben hält 130261,07 Hectaren. Näher bezeichnet enthalten ſie im eigentlichen Profil in Aren

	rechte Seite	linke Seite der via Appia
Kornland	124151	227273
Maisland	28611	232609
Weide	583562	227982
Moraſt	81715	127031
Urſprungs-Moraſt	140267	111418
Total . .	958306	926313

Summe des in Erbzinspacht gegebenen	1884619
Wege, Canäle u. ſ. w.	77677
Verpachtete Raine	1070629
Total . .	3032925 Aren (franz. Ares).

So viel man weiß, wohnten anfangs Volsker in dieſer Gegend, und hatten den Boden geſund und fruchtbar gemacht, bis ſie von den Römern unterjocht wurden. Ob dieſer Zuſtand der Gegend noch beſtand, als 422 n. R. E. die via Appia durch App. Claudius Coecus gebaut wurde, iſt ungewiß, aber 280 Jahr ſpäter unternahm Corn. Cethegus die Austrocknung derſelben, wurde aber hieran durch den Tod Cäſars gehindert. Auguſtus unternahm dieſes abermals, und man glaubt, daß er einen ſchiffbaren Canal in der Länge der Sümpfe neben der Appiſchen Straße wieder hergeſtellt habe. Von ihm rührt noch ein Canal her, welcher am Fuße des Berges Circeo vorbei, an der Seite von Terracina ſich nach dem Ufer des Meeres erſtreckt. Die via Appia wurde unter Nerva und Trajan reparirt, aber Austrocknungsverſuche machte zuerſt wieder der Patricier Decius unter Theodorich mit vollkommenem Erfolge. Die Sache dauerte aber nicht lange, und es wurde die Arbeit wiederholt unter den Päbſten Leo X., Sixtus V. und vorzüglich Pius VI. Der erſtere ließ im Anfange des 16. Jahrhunders unter der Leitung des Julius von Medicis durch den Ingenieur Giovanni Scotti, den ſogenannten Portatore di Badino bauen, wodurch die Sümpfe einen Abfluß ins Meer erhielten. Der zweite brachte den Canal Siſto 1588 durch Aſcanio Fenizi zu Stande; der dritte endlich legte im 18. Jahrhundert einige bedeutende Werke an, vorzüglich einen Canal, linea morta genannt, unter der Leitung des Rapini von 1777 — 1781. — Die Ungeſundheit der Sümpfe wird hauptſächlich bedingt durch die zahlreichen Inſekten, welche dort entſtehen und vermodern, nebſt der Menge von Waſſerthieren. Die Ausdünſtungen der Pontiniſchen Sümpfe gehen des großen zwiſchenliegenden Waldes von Simonetta ungeachtet auf 40

Meilen bis Rom. Die Flüſſe Amoſenus und Ufens erzeugen durch ihre Ueberſchwemmungen dieſe Sümpfe, welche der Sitz weniger armer und bleicher Fiſcher ſind, umgeben von zahlloſen Heerden Inſekten und Fröſchen.

Zuweilen werden große Strecken der auf dem Waſſer ſchwimmenden Erdſchicht in der Nähe eines Sees losgeriſſen, und treiben dann ſchwimmend auf dem Waſſer, ſogenannte ſchwimmende Inſeln bildend. Sie ſinken auch zuweilen nieder und heben ſich ſpäter wieder empor. Schon Herodot erzählt von einer ſchwimmenden Inſel Chemnis auf einem breiten und tiefen See bei Butus in Unterägypten. Sie mußte feſtes Erdreich enthalten, denn ſie war mit vielen Bäumen bepflanzt und auf ihr ſtanden ein Tempel des Apollon und drei Altäre. Sie ſoll wie eine andere in Lydien, von der Seneca erzählt, aus Bimſtein (der bekanntlich auf dem Waſſer ſchwimmt) beſtanden haben. Die Möglichkeit und Wirklichkeit ſolcher Inſeln iſt erwieſen. Ein Theil einer moraſtigen Gegend, Holway-Neß in England, wurde einſt mit Häuſern und Bäumen u. ſ. w. nach einem ſtarken Regen plötzlich aufgehoben und fortgerückt. Eben ſo wurde in Irland in der Grafſchaft Galway 1745 nach einem heftigen Sturme mit ſtarkem Regen eine Strecke des Torfmoores aufgehoben, und über einen 300 Morgen ausgedehnten Wieſengrund getrieben. Aber auch auf dem Waſſer bewegen ſich ſolche Inſeln, wie namentlich eine im Gerdauer-See in Oſtpreußen aus Binſen, Reiſig und Wurzelfaſern beſtehend und mit Erde bedeckt, übrigens von ſolcher Maſſe und Ausdehnung, daß gegen 100 Stück Vieh darauf weideten. Im Jahre 1510 wird ihrer zuerſt gedacht, 1707 war ſie in 3 Stücke getheilt, auf deren größtem noch etwa 30 Stück Vieh weiden konnten. Wo ſie antrieb, wurde ſie von den Anwohnern feſtgebunden, und dadurch allmählig zerſtückelt. Im See Icker in Osnabrück ſoll es eine ſchwimmende Inſel mit Erlen von 15 Fuß Höhe gegeben haben; bei Rovigo aber, zwiſchen Etſch und Po ſollen ſich deren mehre vom Winde umhergetrieben befinden, wovon die Größe der einen auf 100 Morgen geſchätzt wird. — In Schweden im See Ralängen iſt eine unter Waſſer befindliche ſchwimmende Inſel, 280 Fuß lang, 220 Fuß breit, meiſtens 8 bis 10 Fuß unter Waſſer. Oft iſt ſie emporgekommen, und einige Zeit ſchwimmend geblieben, z. B. 1696 Anfang October 14 Tage, 1712 im Auguſt 6 Wochen, 1726 vom 7. bis 29. September, 1743 vom 5. September bis 9. October, 1746 vom Ende Auguſt an 6 Wochen. Man fand viele Baumſtämme auf ihr, die Erdrinde wurde ſo hart, daß man darauf gehen konnte. — Im See Nimmern in Oſtgothland war eine Inſel 150 Fuß lang, 50 Fuß breit, welche 1749 herauf kam, und 12 Wochen umherſchwamm. Sie hatte gleichfalls viele Baumſtämme und trug einige ſehr ſchwere Steine. — Eine ſchwimmende Inſel, Keswick im See Derwent in England, hält ohngefähr 6 Fuß in der Dicke, befindet ſich 150 Yards vom Ufer, iſt oft einen ganzen Morgen ausgedehnt, zuweilen nur wenige Ellen, erhebt ſich zu Zeiten mehrmals in einem Sommer, vorzüglich bei warmer und trockner Witterung, zuweilen kommt ſie in 6 bis 7 Jahren

gar nicht empor, bleibt beim Emporkommen unter der Oberfläche des Waſſers, oder ſteigt bis an 2 Fuß darüber. Die Urſache iſt kohlenſtoffhaltiges Waſſerſtoffgas, welches ſich aus den ineinander gewachſenen und durch verſchiedene Erden verbundenen Pflanzentheilen entwickelt, und die geſammte Maſſe ſpecifiſch leichter macht als Waſſer.

Die Austrocknung von Sümpfen läßt ſich bewerkſtelligen, wenn es gelingt, dem Waſſer einen Abzug zu verſchaffen. Das Moorland wird dann zu brauchbarem Ackerlande. Ein Beiſpiel davon iſt der zwiſchen Ingolſtadt und Neuburg in Baiern gelegene, über vier Flächenmeilen große Landſtrich, welcher unter dem Namen des Donau-Moores bekannt iſt. Vor 1790 war das Ganze ein unüberſehbarer Moraſt, der ſich in naſſen Jahren in einen ungeheuren See verwandelte. Nur hier und da gab es trockne aber ſandige Stellen, und Unkundige geriethen faſt überall in Gefahr zu verſinken. Die Moor- und Torfdecke war zum Theil mit niedrigem Geſträuche, zum Theil mit ſchlechten ſauern Sumpf- und Futterpflanzen bewachſen, die dem darauf weidenden, meiſt bis an die Knie watenden, oft ganz verſinkenden Viehe eine kümmerliche Nahrung gewährten. Unter der Oberfläche fand man, in einer Tiefe von 1 bis 30 Fuß, viele unverweſte bis auf den Kern ſchwarz durchbeizte Holzſtämme alle nach einer Richtung liegen. In den älteſten Zeiten ſoll, einer Volksſage nach, die Donau dieſe ganze Gegend durchſtrömt haben. Wenigſtens hat die Donau, als ſie noch durch die Sandarach (eine Stunde ſüdlicher vom jetzigen Donaubette) floß, viel zur Erzeugung des Moores beigetragen. In frühern Zeiten war es vermuthlich ein großer See, gebildet durch die Ach, die von Pöttmes her durch das Moor läuft, und durch mehre andere Bäche, welche ſich von den weſtlich und ſüdlich gelegenen Höhen in den Thalkeſſel ergießen. Auch der Boden des Moors ſelbſt enthielt eine Menge Quellen. Wenn dann die Donau in der alten Sandarach hoch ſtand, ſo trieb ſie nicht nur das Waſſer in der Ach und in den übrigen Bächen zurück, ſondern ſie trat ſelbſt aus und erfüllte dieſe Niederungen mit Waſſer. — Die Austrocknung dieſes Donaumoores erfolgte in den Jahren 1790 bis 1794, unter der Regierung des damaligen Kurfürſten Karl Theodor und der Leitung der Freiherren von Stengel und Aretin. Die Koſten beliefen ſich auf 530000 Gulden, und wurden theils von der Regierung, theils von einigen Vaterlandsfreunden getragen, welche letztere eine Geſellſchaft für 30 Actien, jede zu 10000 Gulden errichtete. Nach Vollendung der Arbeit wurden 36000 Tagewerke an die ehemaligen Lehnbeſitzer dieſer Moorgründe als Eigenthum vertheilt und 12000 Tagewerke erhielt die Actien-Geſellſchaft zur Anlegung neuer Anſiedelungen. Vor der Trockenlegung war das Moor höchſtens 400000 Gulden werth und trug dem Staate 6000 Gulden, jetzt hat es einen Werth von wenigſtens 6 Millionen. Ehemals konnte man den Ertrag kaum auf 60000 Centner, noch obendrein ſchlechtes Heu rechnen, jetzt erbaut man, außer 16000 Scheffel Getreide, an 800000 Centner Heu. Wo ſonſt 6000 Stück Vieh gehalten werden konnten, weiden jetzt über 20000; wo ſonſt Fröſche und Kröten wohnten, leben jetzt (bloß in einer Colonie, zu Karlskron, 726) Menſchen; wo ſonſt alljährlich verheerende Seu-

chen unter Menſchen und Vieh wütheten, weht jetzt eine reine, geſunde Luft und macht den Aufenthalt daſelbſt zu einem der reizendſten.

Sympiezometer (v. d. griech. συμπιέζω zuſammendrücken) iſt ein von Adie erfundenes Inſtrument, welches den Barometer erſetzen ſoll und ſich neben vielen Nachtheilen gegen den Barometer vorzugsweiſe zum Gebrauch als Meerbarometer empfiehlt. Daſſelbe beruht auf dem Prinzipe der Manometer, daß nämlich bei gleichbleibender Temperatur die Gaſe ihr Volumen im Verhältniſſe des zunehmend auf ſie wirkenden Druckes vermindern. Uebt gegen eine Gasart die Atmoſphäre ihren Druck aus, ſo ändert ſich das Volumen derſelben, wie der Druck der Atmoſphäre ein anderer wird. Man ſperrt daher in einer Röhre ein Gas durch eine tropfbare Flüſſigkeit ab, welche unmittelbar (in einem offenen Gefäße) unter dem Drucke der Atmoſphäre ſteht, und die Wirkung dieſes Druckes auf das Gas fortpflanzt. Da aber auch die Wärme das Volumen der Gaſe ändert, ſo muß bei den Beobachtungen der Sympiezometer auch das Thermometer genau beobachtet werden. Adie wählte bei ſeinem Inſtrumente Waſſerſtoffgas, welches er mit Mandelöl ſperrte, das mit Ochſenzungenwurzel gefärbt war, um die Erhebung des Oelfade in dem darüberſtehenden Gasfaden bequem beobachten zu können. Muncke gibt folgende Beſchreibung und Anweiſung zur Herſtellung des Inſtruments.

Das Sympiezometer beſteht aus einer Glasröhre A B C Fig. 329. von ungefähr 18 Zoll Länge und 0,7 Lin. Weite, oben bei A mit einem 2 Z. langen und 0,5 Z. weiten Gefäße, und unten bei C mit einem ähnlichen, etwas größern. Bei der Verfertigung behält das obere Gefäß eine enge, offene Verbindungsröhre, welche mit einem biegſamen Rohre verbunden wird, um das Ende des letztern unter den Behälter mit getrocknetem Waſſerſtoffgas zu bringen. Iſt dann der ganze Apparat mit Queckſilber gefüllt, ſo ſinkt dieſes durch ſein Gewicht herab und es tritt ſo viel Gas ein, als verlangt wird, worauf man die Spitze an der Lampe zuſchmelzt. Hierauf wird in das untere Gefäß nach dem Ausgießen des Queckſilbers die erforderliche Menge des Oels gegoſſen, der Apparat horizontal gehalten und ſoweit erwärmt, daß alles Queckſilber aus der Röhre in das untere Gefäß fließt, beim Erkalten aber das Oel an deſſen Stelle tritt, worauf man den Reſt des Queckſilbers ausgießt und den Apparat fertig erhält. Die Scale wird demnächſt empiriſch beſtimmt, indem man den Apparat zugleich mit dem Thermometer und einem Barometer in ein luftdichtes Gefäß bringt, welches mit einer zum Exantliren und Comprimiren dienenden Pumpe verſehen iſt, die Theile der Scale, die den Zollen des Barometers correſpondiren, bezeichnet und die Zwiſchenräume zwiſchen dieſen in hundert Theile theilt, ſo daß man alſo ein Hundertſtel eines Zolles meſſen kann. Um den Einfluß der Temperatur zu corrigiren, iſt die Hauptſcale oder die barometriſche Scale m n auf einer zweiten o p verſchiebbar, welche letztere mit der Scale des gleichfalls zum Apparate gehörigen Thermometers correſpondirt. Adie gibt zwar nicht näher an, wie dieſe zweite Scale graduirt wird, allein die Aufgabe iſt leicht zu löſen. Bei der

bekannten Ausdehnung der Gasarten, wonach das Volumen $=$ V bei einer gegebenen Temperatur $=$ t in das Volumen $=$ V' bei der Temperatur $=$ t' nach Graden der hunderttheiligen Scale $V' = V \frac{1 + 0{,}00375\,t'}{1 + 0{,}00375\,t}$ wird, könnte die Ausdehnung berechnet werden; allein da es ſchwierig iſt, den Inhalt der obern Kugel und der Röhre genau zu meſſen, und die barometriſche Scale mn empiriſch beſtimmt wird, ſo iſt wohl nicht zu bezweifeln, daß das nämliche Verfahren auch bei der thermometriſchen Scale op zur Anwendung kommt. Man darf alſo nur das Inſtrument eine gewiſſe Zeit, während deren das Barometer ſich nicht ändert, einer ungleichen Temperatur ausſetzen, den Stand der Flüſſigkeit bei beiden Temperaturen bezeichnen und den Zwiſchenraum in die der Beobachtung zugehörigen Grade eintheilen, um hierdurch die Theilung der ganzen Scale zu erhalten. Bei der Verfertigung der barometriſchen Scale auf die angegebene Weiſe gibt man dieſer einen Normalpunkt, ſtellt dieſen auf denjenigen Grad der thermometriſchen Scale, welchen das zum Inſtrumente gehörige Thermometer anzeigt, und trägt dann nach dem Stande des ſperrenden Oels denjenigen Stand des Barometers auf die Scale mn auf, welchen das zur Regulirung angewandte Barometer zeigt. Iſt die barometriſche Scale mn (am beſten bei unveränderter Temperatur) eingetheilt, ſo ſtellt man beim künftigen Gebrauche den Normalpunkt der barometriſchen Scale allezeit auf denjenigen Grad der thermometriſchen Scale op, welchen das Hilfsthermometer zeigt, und lieſt dann den Barometerſtand nach der Scale mn ab. Zweckmäßig iſt die Zugabe eines Hygrometers, wie durch Adie geſchehen iſt, wenn nur nicht alle die auf ſolche Weiſe anzuwendenden hygroſkopiſchen Subſtanzen mit der Zeit ihre hygrometriſche Kraft verlören; daß er aber bei einigen dieſer Inſtrumente noch eine Scale angebracht hat, welche die gemeſſenen Höhen für 0° C. unmittelbar angibt, macht den Apparat zu ſehr zuſammengeſetzt. Soll der Apparat überhaupt das Barometer erſetzen, ſo iſt es völlig genügend und bei weitem am beſten, ihn in ſeiner einfachen Geſtalt zu laſſen, mit einem für ſich beſtehenden Pſychrometer in Anwendung zu bringen.

Das Inſtrument iſt ſehr genau von Forbes geprüft, auch auf mehren Seereiſen benutzt worden. Seine Vorzüge ſind Leichtigkeit, Bequemlichkeit, der kleine Raum, den es einnimmt, ſeine geringere Zerbrechlichkeit in Vergleich mit dem Barometer und der Umſtand, daß es auf dem Meere von den Schwankungen des Schiffes nicht afficirt wird. Mängel dagegen ſind, daß es erſt nach einem Barometer graduirt wird, daß die Temperatur einen ſehr großen Einfluß auf daſſelbe ausübt, und doch die Temperatur nicht im Gaſe ſelbſt, ſondern nur durch ein neben der Gasröhre hängendes Thermometer gemeſſen wird, daß das Mandelöl an den Wandungen der Röhre adhärirt, daß ſich aus demſelben Dämpfe entwickeln, welche ſich mit dem Gaſe vermiſchen, und dadurch eine große Unzuverläſſigkeit des Inſtrumentes hervorrufen, daß ſich der Oelfaden leicht trennt u. endlich, daß das Sympiezometer noch höher im Preiſe ſteht, als verhältnißmäßig ein Baro=

meter. Die Anzeigen des Barometers erfolgen überdieß weit ſchneller als die des Sympiezometers, welches zur Herſtellung des Gleichgewichts wenigſtens 5 Minuten braucht, wo das Barometer nur eine Minute nöthig hat. Vortheilhaft, um ſtets eine gleichmäßige Temperatur der Sympiezometerröhre mit der Thermometerröhre zu erhalten, iſt die von Forbes angegebene Einrichtung (Fig. 330.) wo die Meßröhre und das Thermometer in eine Glasröhre eingeſchloſſen ſind, deren beide Enden durch meſſingene Kapſeln verſchloſſen ſind, und wobei die äußere atmoſphäriſche Luft keinen andern Zugang hat, als neben der zum Ableſen der Höhe des Oelfadens dienenden Scale, die der veränderlichen Temperatur wegen von außen verſchoben werden muß.

Syzygien (v. d. griech. συζυγία Verbindung) heißen diejenigen Stellungen der Planeten, namentlich aber des Mondes, in denen dieſelben mit der Erde faſt in gerader Linie ſich befinden (Gegenſchein und Zuſammenkunft). Beim Monde ſind die Syzygien folglich in der Mitte zwiſchen den beiden Quadraturen, d. h. zur Zeit des Neumondes und des Vollmondes. Vergl. d. Art. Mond.

T.

Tag, der aſtronomiſche oder bürgerliche, iſt die Zeit Einer ſcheinbaren Umdrehung des Himmels; der natürliche die Zeit, während welcher die Sonne über dem Horizonte eines Ortes ſteht. Zum aſtronomiſchen Tage gehört ein natürlicher Tag und eine Nacht, derſelbe umfaßt 24 gleiche Zeittheile: Stunden. Da die tägliche Umdrehung des Himmels nur eine Erſcheinung der Umdrehung der Erde um ihre Axe iſt, ſo folgt, daß ſich die Erde binnen 24 Stunden einmal um ihre Axe dreht. Jeder Fixſtern ſcheint genau während dieſer Zeit einmal um die Erde herum zu gehen, ſo daß er nach Verlauf von 24 Stunden ſtets genau wieder dieſelbe Stellung wie vorher einnimmt. Nur die Sonne macht eine Ausnahme, weil auf die ſcheinbare Bewegung dieſer auch die jährliche Bewegung der Erde in ihrer Bahn von Einfluß iſt. Dieſe Bewegung iſt an den Fixſternen wegen der allzugroßen Entfernung derſelben von der Erde nicht merklich. (Vergl. d. Art. Parallaxe). Die Tage der Sonne aber ſind aus dem angeführten Grunde ungleich. (S. d. Art. Zeit). Die Aſtronomen pflegen die Stunden von dem Augenblicke an zu zählen, wo die Sonne durch den Meridian des Beobachtungsortes geht (culminirt), alſo von Mittag an, und zählen dann fort bis zum nächſten Mittag, 24 Stunden. Der bürgerliche Tag wird gewöhnlich von Mittag bis Mitternacht 12 Stunden und von da bis zum nächſten Mittag wieder 12 Stunden gezählt. In Italien wird jedoch von einem Untergange

der Sonne bis zum nächſten, bis 24 Stunden forgezählt. Um daher die italieniſchen Stundenangaben mit den unſern zu vergleichen, muß man die Zeit des Sonnenunterganges in den verſchiedenen Jahreszeiten berückſichtigen. Der natürliche Tag, welcher von einem Sonnenaufgang bis zum nächſten Sonnenuntergang reicht, iſt von ſehr ungleicher Länge, ſowohl an den verſchiedenen Orten der Erde als an demſelben Orte in den verſchiedenen Jahreszeiten. Da ſeine Länge von der der Nacht auf das unmittelbarſte abhängt, ſo vergl. in dieſer Beziehung den Art. Nacht. Da ſich jeder Stern des Himmels im Laufe eines Tages einmal um die Erde herumbewegt und dabei einen Parallelkreis (ſ. d. Art.) beſchreibt, ſo werden die Parallelkreiſe auch Tagekreiſe genannt, und zwar heißt derjenige Bogen dieſes Kreiſes, welcher über dem Horizonte liegt, der Tagebogen des Sternes. Diejenigen Sterne, deren Tagekreis mit dem Aequator zuſammenfallen, haben einen Tagebogen von 180°, während für die Bewohner der nördlichen Halbkugel der Erde die Tagebogen der Sterne der nördlichen Himmelshemiſphäre einen Tagebogen von mehr als 180°, und die der ſüdlichen Himmelshemiſphäre einen Tagebogen von weniger als 180° haben. Der Tagebogen derjenigen Geſtirne, welche um weniger vom Pole abſtehen als die Polhöhe beträgt, iſt 360°, d. h. der ganze Tagekreis wird zum Tagebogen, und für Geſtirne in der Nähe des Südpols iſt für uns Bewohner der nördlichen Erdhälfte der Tagekreis = 0. Die Sterne um den Nordpol heißt dieſes mit andern Worten, gehen für uns niemals unter, während die Sterne um den Südpol für uns niemals aufgehen.

Tantal iſt ein ſchweres unedles Metall, welches zuerſt Hatchet 1801 entdeckte und mit dem Namen Columbium bezeichnete. Nachher entdeckte es Eckenberg 1802 nochmals und gab ihm den Namen Tantalum, welchen es behielt, nachdem Wollaſton 1809 die Identität des Columbiums mit dem Tantal nachgewieſen hatte. Das reine Metall ſtellte zuerſt Berzelius 1824 dar. Das Tantal findet ſich ſehr ſelten als Oxyd in Verbindung mit Eiſenoxydul, Yttererde, Manganoxydul u. ſ. w. als Tantalit und Yttertantalit. Berzelius gewann es durch Zerlegung des Fluortantalkaliums mit Kalium als ein ſchwarzes, ſchweres Pulver, welches unter dem Polirſtahl ſtahlgrau wird, und faſt keine Leitungsfähigkeit für Elektricität zeigt. Das als ein gelblicher Ueberzug im Kohlentiegel aus Tantalſäure durch ſtarkes Glühen erhaltene zuſammenhängende Tantal zeigte ſich jedoch als guter Leiter der Elektricität. Das Metall iſt bei gewöhnlicher Temperatur unveränderlich und verbrennt beim Erhitzen an der Luft zu Tantalſäure. Unter den Säuren vermag nur die Flußſäure es zu oxydiren und aufzulöſen. Eben ſo oxydirt es ſich beim Schmelzen mit fixen Alkalien. Die beiden bekannten Oxydationsſtufen ſind die tantalichte Säure und die Tantalſäure. Jene iſt eine dunkelgraue poröſe Maſſe, welche Glas ritzt und in Waſſer unlöslich iſt; dieſe ein weißes geſchmackloſes Pulver von 6,5 ſpecif. Gewicht und ebenfalls im Waſſer unlöslich. Mit Waſſer erhält man ein Hydrat, ein weißes, Lakmus röthendes Pulver; — mit einigen Säuren die Tan-

taloxydſalze, farbloſe, leicht zerlegbare, ſaure Verbindungen. Die Tantalſäure bildet mit Salzbaſen die tantalſauren Salze. Chlortantal entſteht beim Erhitzen des Tantals in Chlor unter Feuerentwicklung als ein dunkelgelber Dampf, welcher erkaltet ein gelblich weißes Pulver gibt, das ſich mit Waſſer unter heftiger Erhitzung in Salzſäure und Tantalſäure zerſetzt. Unter ähnlichen Verhältniſſen (mit Schwefeldampf) erhält man auch Schwefeltantal. Es iſt eine graue metalliſchglänzende, ſich zart anfühlende, pulverige, graphitähnliche Maſſe, welche beim Zuſammenpreſſen Elektricität leitet, im Waſſer und in den meiſten Säuren unlöslich iſt, ſich mit Aetzkali zuſammenſchmelzen läßt, aber in dieſer Verbindung durch Waſſer zerlegt wird, indem ſich tantalſaures Kali löſt und Schwefeltantal abgeſchieden wird, das unter Luftzutritt ſchnell oxydirt.

Taucherglocke iſt ein Inſtrument, deſſen man ſich bedient, um längere Zeit in der Tiefe des Waſſers, namentlich des Meeres verharren zu können, welches allein möglich iſt, wenn hinlänglich Luft zum Athmen vorhanden iſt. Im Allgemeinen iſt die Taucherglocke ein Gefäß, welches nur nach einer Seite offen iſt, früher gewöhnlich von Glockenform (daher der Name), und welches mit der Oeffnung nach unten gekehrt in das Waſſer hinabgelaſſen wird. Die Luft, welche in einem ſolchen Gefäße enthalten iſt, wird zwar beim Herabſinken in die Tiefe dem Mariottiſchen Geſetze gemäß (ſ. d. Art. Gaſe S. 642. ff.) zuſammengepreßt,*) aber kann vom Waſſer abgeſchloſſen nicht entweichen und läßt das Waſſer ſelbſt in das Innere des Gefäßes nicht eindringen, ſo daß der Taucher, ſo lange er nur das Haupt unter der Glocke hat, Athem holen kann, ſo lange bis die Luft durch das Athmen (vergl. d. Art.) ſelbſt allzuſehr verdorben, d. h. ihr Sauerſtoffgehalt aufgezehrt iſt. Man hat aber Vorkehrungen getroffen die verdorbene Luft durch friſche zu erſetzen. Von der Richtigkeit des Prinzipes, auf dem die Taucherglocke beruht, kann man ſich leicht überzeugen, wenn man in ein Gefäß mit Waſſer ein umgekehrtes Glas ſo eintaucht, daß alle Punkte des Randes zugleich das Waſſer berühren. Es wird kein Waſſer in das Glas zu dringen vermögen. Die Taucherglocke ſcheint ſchon in ſehr frühen Zeiten bekannt geweſen zu ſein. Ein ſolches Inſtrument, welches aus einem glockenförmigen Gefäße von 36 Zoll unterer Weite und eben ſo großer Höhe beſtand, und an dem unten ein Fußſchemel hing, auf welchem ein Mann ſtehen konnte, ſo daß Kopf und Arme deſſelben unter der Glocke ſich befanden, wurde 1687 durch William Phipps mit Glück angewendet, um aus einer Tiefe von 6 bis 7 Klaf-

*) Iſt die Glocke bis zu 32 Fuß unter die Oberfläche des Waſſers geſunken, ſo iſt die Dichte der Luft in ihr noch einmal ſo groß, als die Dichte der atmoſphäriſchen Luft. Bei 64 Fuß iſt ſie dreimal ſo dicht, bei n Fuß $\frac{n}{32} + 1$ mal ſo groß.

tern die Schätze zu holen, welche an der Küſte von Hiſpaniola mit einem ſpaniſchen Schiffe verſunken waren. Man ſchätzte den auf dieſe Weiſe erlangten Gewinn auf 300000 Pfund Sterling. Edmund Halley verfertigte eine Glocke von 8 Fuß Höhe, 5 Fuß Weite am untern und 3 Fuß am obern Ende, welche einen Raum von 63 Cubikfuß einnahm, mit Blei überzogen und ſo ſchwer war, daß ſie ſchon leer zu Boden ſank. Am untern Rande waren Gewichte ſo vertheilt, daß ſie dadurch ſtets horizontal erhalten wurde. Oben war ein ſtarkes Glas eingeſetzt, um dadurch Licht zu erhalten. Die ganze Vorrichtung hing an einem Querbalken am Maſtbaume des Schiffes. Der Taucher erhielt durch hinabgelaſſene und mit friſcher Luft gefüllte Schläuche reſpirable Luft, indem er ſelbige durch lederne in Oel getränkte Röhren in die Glocke leiten, und die in ſelbiger verdorbene Luft mittels eines Hahnes herauslaſſen konnte. Hierdurch brachte es Halley ſo weit, daß er ſich auf der Themſe zu London nebſt 4 Perſonen 9 bis 10 Klaftern tief unter Waſſer 1½ Stunde aufhalten konnte. Durch die Menge der eingelaſſenen Luft machte er den Grund ſo trocken, daß er nicht bis über die Schuhe in Schlamm oder Sand trat. Durch die Glasſcheibe fiel ſo viel Licht in die Glocke, daß er bei ſtiller See leſen und ſchreiben konnte; mit einem eiſernen Griffel ſchrieb er ſeine Befehle auf Blei, und ſandte ſie mit den leer gewordenen Luftſchläuchen hinauf. Bei ſtürmiſcher See hingegen war es unten ganz finſter, und er mußte ein Licht brennen, welches aber faſt eben ſo viel Luft, als ein Menſch, verzehrte. Die einzige Beſchwerde, die er empfand, war ein Schmerz in den Ohren, welcher von der Verdichtung der Luft beim Hinablaſſen der Glocke entſtand, aber bald nachließ, wenn die Glocke nur ſehr langſam hinab ſank. Um einen Taucher aus der Glocke auf den Meeresgrund verſchicken zu können, erfand Halley eine bleierne Kappe, welche für ein Paar Minuten Luft faßte, über den Kopf gedeckt wurde, und durch ein dichtes biegſames Rohr mit der Glocke verbunden war. — Da Halley's Vorrichtung viel Koſtenaufwand erforderte, ſo gab der Schwede Martin Triewald eine wohlfeilere an. Die Glocke derſelben war viel kleiner, von Kupfer, und inwendig verzinnt. Der untere Schemel war ſo niedrig angebracht, daß der Kopf des Tauchers gerade nur über der Waſſerfläche hervorragte, und noch viel Luft über ſich hatte. Auf ſolche Art athmete er beſtändig die in der Glocke enthaltene geſundeſte Luft ein, indem die verdorbene in den obern Raum aufſtieg. Damit er ſich aber auch in dem obern Raume aufhalten konnte, ging an der Seite der Glocke eine rund umher gewundene kupferne Röhre in den untern Theil, woraus die untere geſundere Luft durch einen ledernen Auffatz mit einem Mundſtücke von Elfenbein eingeſogen werden konnte.

In neuerer Zeit hat man ſich der Taucherglocken namentlich in England beim Hafenbau bedient, ihnen aber eine länglicht vierkantige Form gegeben. Muncke gibt folgende Beſchreibung derſelben. Sie werden aus Gußeiſen von mehrzölliger, des ſtatiſchen Gleichgewichts wegen, hauptſächlich unten ſehr ſtarker Metalldicke verfertigt, ſind unten an der Oeffnung 8 bis 12 Fuß lang, 6 Fuß und darüber breit und eben ſo

hoch. Im Innern befindet ſich eine Bank, damit die Arbeiter ſich darauf ſetzen und ihre Werkzeuge nebſt den Gegenſtänden, die ſie bei den Arbeiten unter dem Waſſer bedürfen, darauf legen können, auch haben ſie zuweilen eine eigene Abtheilung für einen Aufſeher; oben auf dem Deckel befindet ſich an beiden Seiten ein ſtarker metallener Halter, um die Haken der Ketten hineinzuhängen, welche zur Erhaltung des Gleichgewichts in eine einzige ſtarke Kette zuſammengehen u. zum Tragen des ſchweren Apparats dienen. In der Mitte befindet ſich eine Oeffnung mit einem eingeſchrobenen biegſamen Schlauche, durch welchen auf dem Lande mittels einer ſtarken Compreſſionspumpe ſogleich, nachdem man angefangen hat, die Taucherglocke im Waſſer herabzulaſſen, unausgeſetzt friſche Luft hineingepreßt wird, und zwar in ſolcher Menge, daß die Blaſen unter dem Rande des überfüllten Apparats ſtets entweichen. Hierdurch begegnet man nicht bloß dem Verderben der eingeſchloſſenen Luft, ſondern auch dem Eindringen des Waſſers in den innern Raum, wenn die abgeſperrte Luft durch den ſtarken Druck der umgebenden Waſſerſäulen comprimirt wird, und wenn dann die Taucherglocke auf eine horizontale Ebene niederſinkt, ſo iſt der Boden nicht mit einer Waſſerſchicht von meßbarer Tiefe bedeckt. An beiden Seiten des eingeſchrobenen Schlauches ſind runde Oeffnungen mit luftdicht eingeſetzten hinlänglich ſtarken Gläſern, um Licht in den Apparat zu bringen. Größerer Stärke wegen nimmt man meiſtens convexe Linſen; allein es bedarf bei ihnen keiner ſo großen Stärke, da die von Außen auf ſie drückende Waſſerſäule den Druck der comprimirten Luft im Innern aufwägt, bis auf denjenigen Theil, welcher einer Waſſerſäule von der Höhe der Taucherglocke zugehört, denn um ſoviel iſt der Druck gegen die eingeſchloſſene Luft größer. Endlich halten die Arbeiter noch ein unter dem untern Rande hingehendes, nach oben geführtes Seil, um damit die erforderlichen Zeichen zu geben.

Die Verdichtung der Luft unter den Taucherglocken macht ſich beſonders gegen die Ohren empfindlich. Es entſteht vor den Ohren ein Brauſen, welches ſich bis zum empfindlichſten Schmerze ſteigern kann.

Tellur, ein von **Reichenſtein** 1782 und genauer von **Klaproth** 1798 erforſchter chemiſch einfacher Stoff, der allgemein für ein Metall gehalten wird, durch ſein chemiſches Verhalten aber dem Schwefel und Selen ſich anſchließt. Im Mineralreich kommt er als **gediegener Tellur**, **Schrifttellur**, **Tellurblei** u. ſ. w. nicht häufig vor. Das Tellur iſt bei gewöhnlicher Temperatur feſt, weißgrau metallglänzend, von 6,115 ſpecif. Gewicht, blätterigem Gefühl und in Rhomboedern kryſtalliſirt. Dabei iſt es ſpröde, läßt ſich leicht pulveriſiren, iſt ziemlich leicht ſchmelzbar und flüchtig, ein ſchwacher Leiter der Elektricität und verbrennt an der Luft erhitzt mit lebhaft blauer und grüner Farbe unter Verbreitung eines Rettiggeruchs zu **Telluroxyd**. Auch durch Salpeterſäure und Königswaſſer wird es oxydirt. Das Oxyd iſt ein weißes Pulver, welches leicht ſchmilzt und beim Erkalten eine ſtrohgelbe kryſtalliniſche Maſſe gibt. In der Hitze iſt es flüchtig und verbreitet einen ſäuerlichen Geruch. Mit Säuren bildet daſſelbe die Tel-

tern die Schätze zu holen, welche an der Küſte von Hiſpanlola mit einem ſpaniſchen Schiffe verſunken waren. Man ſchätzte den auf dieſe Weiſe erlangten Gewinn auf 300000 Pfund Sterling. Edmund Halley verfertigte eine Glocke von 8 Fuß Höhe, 5 Fuß Weite am untern und 3 Fuß am obern Ende, welche einen Raum von 63 Cubikfuß einnahm, mit Blei überzogen und ſo ſchwer war, daß ſie ſchon leer zu Boden ſank. Am untern Rande waren Gewichte ſo vertheilt, daß ſie dadurch ſtets horizontal erhalten wurde. Oben war ein ſtarkes Glas eingeſetzt, um dadurch Licht zu erhalten. Die ganze Vorrichtung hing an einem Querbalken am Maſtbaume des Schiffes. Der Taucher erhielt durch hinabgelaſſene und mit friſcher Luft gefüllte Schläuche reſpirable Luft, indem er ſelbige durch lederne in Oel getränkte Röhren in die Glocke leiten, und die in ſelbiger verdorbene Luft mittels eines Hahnes herauslaſſen konnte. Hierdurch brachte es Halley ſo weit, daß er ſich auf der Themſe zu London nebſt 4 Perſonen 9 bis 10 Klaftern tief unter Waſſer $1\frac{1}{2}$ Stunde aufhalten konnte. Durch die Menge der eingelaſſenen Luft machte er den Grund ſo trocken, daß er nicht bis über die Schuhe in Schlamm oder Sand trat. Durch die Glasſcheibe fiel ſo viel Licht in die Glocke, daß er bei ſtiller See leſen und ſchreiben konnte; mit einem eiſernen Griffel ſchrieb er ſeine Befehle auf Blei, und ſandte ſie mit den leer gewordenen Luftſchläuchen hinauf. Bei ſtürmiſcher See hingegen war es unten ganz finſter, und er mußte ein Licht brennen, welches aber faſt eben ſo viel Luft, als ein Menſch, verzehrte. Die einzige Beſchwerde, die er empfand, war ein Schmerz in den Ohren, welcher von der Verdichtung der Luft beim Hinablaſſen der Glocke entſtand, aber bald nachließ, wenn die Glocke nur ſehr langſam hinab ſank. Um einen Taucher aus der Glocke auf den Meeresgrund verſchicken zu können, erfand Halley eine bleierne Kappe, welche für ein Paar Minuten Luft faßte, über den Kopf gedeckt wurde, und durch ein dichtes biegſames Rohr mit der Glocke verbunden war. — Da Halley's Vorrichtung viel Koſtenaufwand erforderte, ſo gab der Schwede Martin Triewald eine wohlfeilere an. Die Glocke derſelben war viel kleiner, von Kupfer, und inwendig verzinnt. Der untere Schemel war ſo niedrig angebracht, daß der Kopf des Tauchers gerade nur über der Waſſerfläche hervorragte, und noch viel Luft über ſich hatte. Auf ſolche Art athmete er beſtändig die in der Glocke enthaltene geſundeſte Luft ein, indem die verdorbene in den obern Raum aufſtieg. Damit er ſich aber auch in dem obern Raume aufhalten konnte, ging an der Seite der Glocke eine rund umher gewundene kupferne Röhre in den untern Theil, woraus die untere geſundere Luft durch einen ledernen Aufſatz mit einem Mundſtücke von Elfenbein eingeſogen werden konnte.

In neuerer Zeit hat man ſich der Taucherglocken namentlich in England beim Hafenbau bedient, ihnen aber eine länglicht vierkantige Form gegeben. Muncke gibt folgende Beſchreibung derſelben. Sie werden aus Gußeiſen von mehrzölliger, des ſtatiſchen Gleichgewichts wegen, hauptſächlich unten ſehr ſtarker Metalldicke verfertigt, ſind unten an der Oeffnung 8 bis 12 Fuß lang, 6 Fuß und darüber breit und eben ſo

hoch. Im Innern befindet ſich eine Bank, damit die Arbeiter ſich darauf ſetzen und ihre Werkzeuge nebſt den Gegenſtänden, die ſie bei den Arbeiten unter dem Waſſer bedürfen, darauf legen können, auch haben ſie zuweilen eine eigene Abtheilung für einen Aufſeher; oben auf dem Deckel befindet ſich an beiden Seiten ein ſtarker metallener Halter, um die Haken der Ketten hineinzuhängen, welche zur Erhaltung des Gleichgewichts in eine einzige ſtarke Kette zuſammengehen u. zum Tragen des ſchweren Apparats dienen. In der Mitte befindet ſich eine Oeffnung mit einem eingeſchrobenen biegſamen Schlauche, durch welchen auf dem Lande mittels einer ſtarken Compreſſionspumpe ſogleich, nachdem man angefangen hat, die Taucherglocke im Waſſer herabzulaſſen, unausgeſetzt friſche Luft hineingepreßt wird, und zwar in ſolcher Menge, daß die Blaſen unter dem Rande des überfüllten Apparats ſtets entweichen. Hierdurch begegnet man nicht bloß dem Verderben der eingeſchloſſenen Luft, ſondern auch dem Eindringen des Waſſers in den innern Raum, wenn die abgeſperrte Luft durch den ſtarken Druck der umgebenden Waſſerſäulen comprimirt wird, und wenn dann die Taucherglocke auf eine horizontale Ebene niederſinkt, ſo iſt der Boden nicht mit einer Waſſerſchicht von meßbarer Tiefe bedeckt. An beiden Seiten des eingeſchrobenen Schlauches ſind runde Oeffnungen mit luftdicht eingeſetzten hinlänglich ſtarken Gläſern, um Licht in den Apparat zu bringen. Größerer Stärke wegen nimmt man meiſtens convexe Linſen; allein es bedarf bei ihnen keiner ſo großen Stärke, da die von Außen auf ſie drückende Waſſerſäule den Druck der comprimirten Luft im Innern aufwägt, bis auf denjenigen Theil, welcher einer Waſſerſäule von der Höhe der Taucherglocke zugehört, denn um ſoviel iſt der Druck gegen die eingeſchloſſene Luft größer. Endlich halten die Arbeiter noch ein unter dem untern Rande hingehendes, nach oben geführtes Seil, um damit die erforderlichen Zeichen zu geben.

Die Verdichtung der Luft unter den Taucherglocken macht ſich beſonders gegen die Ohren empfindlich. Es entſteht vor den Ohren ein Brauſen, welches ſich bis zum empfindlichſten Schmerze ſteigern kann.

Tellur, ein von *Reichenſtein* 1782 und genauer von *Klaproth* 1798 erforſchter chemiſch einfacher Stoff, der allgemein für ein Metall gehalten wird, durch ſein chemiſches Verhalten aber dem Schwefel und Selen ſich anſchließt. Im Mineralreich kommt er als *gediegener Tellur*, *Schrifttellur*, *Tellurblei* u. ſ. w. nicht häufig vor. Das Tellur iſt bei gewöhnlicher Temperatur feſt, weißgrau metallglänzend, von 6,115 ſpecif. Gewicht, blätterigem Gefühl und in Rhomboedern kryſtalliſirt. Dabei iſt es ſpröde, läßt ſich leicht pulveriſiren, iſt ziemlich leicht ſchmelzbar und flüchtig, ein ſchwacher Leiter der Elektricität und verbrennt an der Luft erhitzt mit lebhaft blauer und grüner Farbe unter Verbreitung eines Rettiggeruchs zu *Telluroxyd*. Auch durch Salpeterſäure und Königswaſſer wird es oxydirt. Das Oxyd iſt ein weißes Pulver, welches leicht ſchmilzt und beim Erkalten eine ſtrohgelbe kryſtalliniſche Maſſe gibt. In der Hitze iſt es flüchtig und verbreitet einen ſäuerlichen Geruch. Mit Säuren bildet daſſelbe die Tel-

luroxydſalze, farbloſe Verbindungen, welche durch Alkalien weiß, durch Hydrouthionſäure ſchwarz, durch Gallstinktur iſabellgelb gefärbt werden. Mehre Metalle (Zink, Zinn, Antimon u. ſ. w.) fällen daraus Tellur. Das Telluroxyd verhält ſich gegen Baſen als Säure und bildet tellurſaure Salze. — Mit Waſſerſtoff bildet das Tellur Tellurwaſſerſtoff oder Hydrotellurſäure ein farbloſes, der Hydrothionſäure ſehr ähnliches Gas, welches Metalle aus ihren Verbindungen als Tellurmetalle von brauner Farbe niederſchlägt. Die Löſung in Waſſer färbt ſich an der Luft ſchnell dunkel und ſetzt Tellur ab. Mit Alkalien gibt es hydrotellurſaure Salze. — Nimmt man Tellur zum Leiter bei der galvaniſchen Säule, ſo ſetzt ſich am negativen Pole ein braunes Pulver ab, welches für Waſſerſtofftellur gehalten wurde, nach Magnus aber nur fein zertheilter Tellur iſt.

Thau heißt der bekannte atmoſphäriſche Niederſchlag, welcher ſich namentlich im Sommer an der Oberfläche des Bodens, vorzüglich an Pflanzen während der Nacht in Geſtalt von Tropfen zeigt. Alle Erſcheinungen des Thaus ſind zuerſt von Wells vollſtändig erklärt worden. Bei ruhigen und heiteren Nächten erkälten ſich die atmoſphäriſche Luft und alle auf der Erdoberfläche zerſtreuten Körper durch ihre Ausſtrahlung gegen den Himmel; dieſe Abkühlung iſt aber ungleich, weil ſie von dem Wärmeausſtrahlungsvermögen der verſchiedenen Körper, von ihrem Wärmeleitungsvermögen und ihrem Verhältniß zu benachbarten Gegenſtänden abhängt. Unter den günſtigſten Umſtänden kann die Temperatur eines Körpers bis zu 8° oder 10° unter die Temperatur der Luft ſinken. Wells hat dieß durch eine große Anzahl von Verſuchen nachgewieſen. Ein Beobachter, der in einer ſchönen Sommernacht eine Ebene durchwanderte, um mit einem ſehr empfindlichen Thermometer die Temperatur des Bodens und der verſchiedenen ihn bedeckenden Gegenſtände zu beobachten, würde unfehlbar ſehr große Differenzen in dieſen Temperaturen finden. Wären die unteren Schichten der Luft z. B. 12°, ſo würde man an einigen Orten den Boden oder den Raſen nur 2 oder 3°, andere Körper 5 oder 6°, andere 8 oder 10° und viele von einer höheren Temperatur als die Luft finden. Iſt nun die Luft mit Waſſerdampfe geſchwängert, ſo wird dieſer an denjenigen Gegenſtänden, welche eine geringere Temperatur beſitzen, als die der Luft, in Geſtalt von Waſſertropfen ſich niederſchlagen,*) und zwar um ſo ſtärker, je größer jene Temperaturdifferenz iſt. Um die Erſcheinungen des Thaus im Einzelnen erklären zu können, genügt es, alle diejenigen Umſtände aufzuſuchen, welche die Erkältung der Körper und die nächtliche Ausſtrahlung modificiren können. Um den Einfluß der Lage auf die nächtliche Abkühlung kennen zu lernen, nehmen wir an, daß wir mitten in einer weiten Ebene eine Art Zelt aus leichten Wänden oder Rahmen, jede eine Toiſe im Geviert haltend, errichtet hätten; dieſe Wände können z. B. mit Leinwand oder auch mit Papier überzogen ſein, und vier

*) Vergl. d. Art. Dampf und Hygrometer.

vertical geſtellt ſein, während der fünfte in horizontaler Lage als Decke dient. Ein in die Mitte des Zeltes auf den Boden geſtellter Körper wird nach allen Seiten Wärme ausſtrahlen; aber dieſe Wärmeſtrahlen werden von den Wänden aufgefangen und auf den Körper zurück geworfen. Er wird daher nur ſehr langſam erkalten. Nimmt man den obern Verſchlag hinweg, ſo wird der Körper die Ausſicht nach dem Zenith haben: er wird gegen den Himmel ausſtrahlen, und ſeine Abkühlung wird viel ſchneller erfolgen. Nimmt man noch eine der Seitenwände hinweg, ſo ſieht der Körper noch einen großen Theil des Himmels mehr, und ſeine Abkühlung erfolgt noch ſchneller; je mehr man ihn entblößt, deſto ſchneller wird er auch erkalten. Mauern, Gebäude, Bäume, Hügel haben nun auf die nächtliche Ausſtrahlung einen ähnlichen Einfluß wie in dem eben angeführten Falle die Verſchläge. Man muß alſo die Lage eines Körpers gegen ſeine Umgebungen berückſichtigen, wenn man im Voraus beurtheilen will, ob derſelbe mehr oder weniger erkalten wird, als wenn er ſich in irgend einer andern Lage befände. Aber auch die natürliche Beſchaffenheit der Körper iſt von Einfluß. Die Oberflächen, welche ein großes Ausſtrahlungsvermögen haben, erkalten bei weitem raſcher als andere; auch die Dichte der Körper, ihr Leitungsvermögen und die Neigung ihrer Oberflächen ſind Umſtände, welche die Schnelligkeit der Abkühlung modificiren. Die Bewegung der Luft iſt ſtets ein Hinderniß der Thaubildung, weil die Luft, wenn ſie ſich raſch an den Gegenſtänden der Erdoberfläche erneuert, dieſen einen Theil der durch die Ausſtrahlung verlorenen Wärme zurück gibt. Daher iſt auch bei einem heftigen Winde die Temperatur aller Körper merklich dieſelbe, wie die Temperatur der Luft. Bei bedecktem Himmel wirkt das Gewölk ähnlich wie in dem oben angeführten Beiſpiele der Verſchlag, es hindert die freie Ausſtrahlung der Körper nach dem Himmel. Man hat längſt ſchon bemerkt, daß bedeckte Nächte ſtets minder kalt als heitere ſind. Wilſon fand, daß ein Thermometer, welches während einer abwechſelnd heitern und wolkigen Nacht der freien Luft ausgeſetzt iſt, ſich ſtets erhebt, wenn die Luft ſich verdunkelt, und fällt, wenn die Wolken ſich zerſtreuen. Nebel haben einen noch viel merklichern Einfluß, als die Wolken, weil die ausſtrahlende Wärme, welche bei gewöhnlicher Temperatur von den Körpern ausgeht, eine nicht völlig durchſichtige Luft nicht zu durchdringen vermag.

Nach der angegebenen Erklärung der Thaubildung iſt es die atmoſphäriſche Luft, aus welcher der Thau niederfällt. Gegen dieſelbe haben namentlich Gerſten nnd Dufay behauptet, der Thau ſteige vielmehr in die Höhe. Hierfür ſcheint auf den erſten Anblick folgende Beobachtung zu ſprechen. Setzt man eine Glasglocke auf den Boden, ſo bethauet dieſelbe an ihrer inneren Wandung oft ſo ſtark, daß das Waſſer in Tropfen herabläuft. Die Urſache der Erſcheinung iſt aber die, daß die Glocke durch Strahlung ſehr ſchnell erkaltet, und daher den fortwährend vom Boden aufſteigenden Waſſerdampf bei der Berührung ſogleich condenſirt. Der Boden ſelbſt kann nach dem Vorhergehenden um ſo weniger erkalten, da die Glocke ſeine Ausſtrahlung verhindert.

Zur Meſſung der Menge des Thaues bedient man ſich der Thau-

meſſer oder Droſometer (v. d. griech. δρόσος Thau). Sie beſtehen im Allgemeinen in einer empfindlichen Wage, an der zwei Körper im Gleichgewicht gebracht ſind, von denen der eine den Thau vorzüglich gut annimmt, während der andere unempfänglich für den Thau iſt. Nach dem Fallen des Thaues hat der erſte ein größeres oder kleineres Uebergewicht, und bewirkt mithin einen Ausſchlag an der Wage. Gewöhnlich hat man zu dem erſten Körper Platten von einer beſtimmten Größe aus einem für den Thau leicht empfänglichen Körper genommen. Wells nahm bei ſeinen Beobachtungen 10 Gran ſchwere möglichſt gleiche etwa 2 Zoll im Durchmeſſer haltende ſphäroidiſche Maſſen gezupfter Wolle, und beſtimmte deren Gewichtszunahme. Lambert empfahl wohlausgewaſchene lockige Haare der Luft auszuſetzen, und ihre Gewichtszunahme durch den Thau zu beſtimmen. Man kann ſich des Droſometers gewiſſermaßen als Wetteranzeigers bedienen, indem ein reichlicher Thauniederſchlag anzeigt, daß die Atmoſphäre mit Waſſerdunſt erfüllt iſt, und treten die geeigneten Umſtände ein (ſ. d. Art. Regen), ſo wird gewiß Regen erfolgen. Die Atmoſphäre iſt zum Regen disponirt. Die wichtigſten Umſtände bei der Bildung des Thaues, welche ſich ſämmtlich aus der angegebenen Theorie erklären, hat Kämtz zuſammengeſtellt. Der Thau zeigt ſich in größerer Menge nur in heiteren windſtillen Nächten. Dieſe Behauptung hat ſchon Ariſtoteles aufgeſtellt; dagegen glaubte Muſchenbroek, daß ſich in Holland der Thau vorzüglich dann bilde, wenn ein niedriger Nebel den Boden bedecke, jedoch der Zuſatz, daß alle Körper ohne Unterſchied befeuchtet werden, zeigt, daß die hier entſtandenen Tropfen vom Nebel herrühren. Allen Erfahrungen von Wells zuwider behauptet Prieur, daß ſtets ein friſcher Wind ein Erforderniß der Thaubildung ſei; nur zuweilen ſcheint ein ſchwacher Luftzug die Bildung des Thaues zu begünſtigen. Wenn der Himmel bewölkt iſt und kein Wind weht, oder der Himmel beim Winde heiter iſt, dann zeigen ſich nur einige Spuren von Thau, nie aber bei trüben und windigem Wetter. Selbſt wenn ſich bei heiterem Himmel ſchon Thau niedergeſchlagen hatte, ſo verſchwindet dieſer in kurzer Zeit, wenn windiges, trübes Wetter folgt, was auch bereits Wilſon beim Reif beobachtet hatte. Wenn dagegen heiteres, windſtilles Wetter dem trüben folgt, dann ſchlägt ſich der Thau ungewöhnlich reichlich nieder. — Der Thau ſchlägt ſich vorzugsweiſe an freiſtehenden Körpern nieder; legen wir zwei völlig gleiche Körper auf den Boden, ſpannen aber in der Entfernung von mehren Fußen über den einen einen Schirm, etwa ein viereckiges Stück Leinewand von mehren Quadratfuß Oberfläche, ſo ſchlägt ſich auf letzterem entweder gar kein oder nur wenig Thau nieder. Ein Flocken Wolle unter ein dachförmig gebogenes Stück Pappe gelegt, nahm nur zwei Gran Thau auf, während ein anderes frei gegen den Himmel gerichtetes 16 Gran erhielt. Ein anderer Flocken Wolle, in einem oben offenen thönernen Cylinder von 1 Fuß Durchmeſſer und $2\frac{1}{2}$ Fuß Höhe gelegt, zeigte daſſelbe Verhältniß, ein Beweiß, daß die Pappe im erſten Falle nicht den Thau aufgefangen hatte. Auf den Straßen der Städte, wo die Häuſer ſtets einen Theil des Himmels verdecken, fällt daher

weit weniger Thau als im Freien. — Unter faſt gleichen Umſtänden ſchlägt ſich der Thau auf allen Körpern nicht in gleicher Menge nieder. Auf Pflanzen iſt er weit reichlicher, als auf dem feſten Erdboden; lockerer Kiesboden wird feuchter, als feſtgetretenes Erdreich; Glas wird weit leichter befeuchtet, als die Metalle, wie dieſes bereits Muſchenbroek bemerkt und Dufay beſtätigt hatte. Es geſchieht wohl, daß abſichtlich befeuchtete Metalle in Lagen trocken werden, wo andere Körper Thau aufnehmen. Dieſe Trägheit der Metalle, Thau nieder zu ſchlagen, wird ſogar andern Körpern mitgetheilt, wenn dieſe auf jene gelegt werden; ein Stück Wolle auf einem Metallſpiegel liegend, wird weit weniger feucht, als auf einem Stück Glas. Wenn aber die Stelle des Metalls auf dem Boden, beſonders auf Raſen, öfters gewechſelt wird, ſo ſchlägt ſich der Thau leichter nieder. Dieſer Widerſtand, welchen die Metalle dem Niederſchlage entgegen zu ſetzen ſcheinen, iſt nicht bei allen gleich groß: ſo werden Platina, Eiſen, Stahl, Zink weit früher bethaut, als Gold, Silber, Kupfer und Zinn. Man könnte allerdings auf den erſten Anblick vermuthen, daß die Metalle eine ungleiche chemiſche Anziehung zum Waſſerdampfe hätten, wie dieſes früher le Roy und Sauſſure geglaubt hatten; aber Wells überzeugte ſich durch direkte Verſuche mit Metallplatten, welche er dem Waſſerdampfe ausſetzte, daß dieſes nicht der Fall ſei. Es geht dieſes auch daraus hervor, daß ſelbſt der mechaniſche Zuſtand der Körper hierbei eine bedeutende Rolle ſpielt. So werden Holzſpäne weit leichter feucht, als ein feſtes Stück Holz. — Aeltere Phyſiker glaubten, daß der Thau ſich vorzüglich am Abend und am Morgen bilde; die Verſuche von Wells zeigen, daß dieſes nicht richtig ſei. Zu welcher Stunde der Nacht auch ein Körper ins Freie gebracht werden möge, ſtets ſchlägt ſich auf ihm Thau nieder, ja es ſcheint, als ob die Größe des Niederſchlags nach Mitternacht noch größer ſei, als vor dieſer Zeit. An beſchatteten Orten ſcheint er ſich ſchon am Nachmittage zu bilden, wenn die Wärme der Luft anfängt zu ſinken; wenigſtens fand Wells, daß das Gras ſchon einige Stunden vor dem Untergange der Sonne feucht war, obgleich noch keine Tropfen auf demſelben zu bemerken waren. — Nicht allenthalben auf der Erde bildet ſich der Thau in gleicher Menge. Am häufigſten findet man ihn in den Küſtengegenden warmer Klimate. In Arabien (offenbar Küſte) iſt der Thau ſo reichlich, daß die Kleider der Reiſenden davon durchnäßt werden; eben ſo fällt in Suakim am rothen Meere in jeder Nacht viel Thau; bei Tor am Golf von Suez iſt der lehmige Boden vom gefallenen Thau in den Morgenſtunden ganz ſchlüpfrig, und in Alexandrien werden die Kleider u. Terraſſen ſo naß, als ob es geregnet hätte. Eben ſo häufig iſt derſelbe am perſiſchen Meerbuſen, in Chili, und die Schiffer erkennen die Annäherung an die Küſte Coromandel dadurch, daß ſich Thau niederſchlägt. Dagegen fehlt der Thau faſt gänzlich auf waſſerloſen Ebenen im Innern der Continente, ſo in Braſilien in den Provinzen Bahia, Goyaz, Pernambuco und Ceara; von den Bergen Gilans und Mazanderans bis zum perſiſchen Meerbuſen und von den Gegenden an den Alpenſeen Van und Urmia bis Kaſchmir zeigt ſich im Sommer keine Spur

von Thau; auf dem Wege von Aleppo nach Orfah fand **Buckingham** Ende Mai und Anfang Junius keinen Thau. Eben dieß gilt von der Wüſte Nubiens und der Sahara; ſo wie man aber die Nähe des Sees Tſchad erreicht, ſo werden die Kleider ganz durchnäßt. Eben ſolchen Einfluß von Binnenwaſſern erkennt man auch in andern Gegenden, ſo thaut es ſelbſt in Perſien in der Nähe feuchter Niederungen ſehr ſchwach, eben ſo in den Ebenen weſtlich vom Euphrat am Fluſſe ſelbſt, in Aegypten am Nile. In den weſtlichen Gegenden Pennſylvaniens thaut es in der Nähe der Seen ſehr heftig und ſtark. Dagegen zeigt ſich der Thau auf den niedrigen Korallen-Inſeln der Südſee ſelten oder gar nicht, und auch Schiffe auf dem Oceane werden nur ſelten feucht.

Theilbarkeit iſt die allgemeine Eigenſchaft der Körper, nach welcher jeder derſelben, von welcher Größe und natürlichen Beſchaffenheit er auch ſein mag, in Theile zerlegt zu werden vermag, die ſich voneinander und von dem Ganzen nur in Bezug auf Größe unterſcheiden. In letzter Beziehung unterſcheidet ſich die (mechaniſche) Theilbarkeit von der (chemiſchen) Zerlegbarkeit, nach welcher letzteren die zuſammengeſetzten Stoffe in Theile geſchieden werden können, welche ſowohl unter ſich als vom Ganzen ihrer Natur nach unterſchieden ſind. Die Theilbarkeit iſt eine **allgemeine** Eigenſchaft der Körper, weil alles Körperliche materiell, alles Materielle räumlich, der Raum aber ins unendliche zertheilt gedacht werden kann. In der Anwendung findet die Theilbarkeit eine Begrenzung an der Begrenztheit der Sinne des Menſchen, welche das Allzukleine nicht mehr wahrzunehmen vermögen. Als Beiſpiele außerordentlich kleiner Zertheilung führt man die ſtarkriechenden Körper an, welche durch feine Theilchen die Naſe afficiren, die dehnbaren Metalle, die leuchtenden und färbenden Stoffe. Aus einem Gran Gold ſchlagen die Goldarbeiter Blättchen von 36 Quadratzoll Oberfläche; die Drahtzieher vergolden eine ſilberne Stange von 22 Zoll Länge und $1\frac{1}{2}$ Linie Dicke mit einer Unze Goldes und ziehen ſie dann zu einem Drahte aus, der 97 franzöſiſche Meilen lang iſt; wird er noch dazu platt gedrückt, ſo erlangt er gar eine Länge von 110 Meilen, und iſt doch allenthalben übergoldet, aber mit Blättchen, deren Dicke ſo gering iſt, daß nach **Blacks** Berechnung 14 Millionen erſt die Dicke eines Zolls geben, während eben ſo viele Blätter gemeinen Druckpapiers $\frac{3}{4}$ engliſche Meilen einnehmen. Platin läßt ſich durch ein eigenes von **Wollaſton** angegebenes Verfahren zu Draht von $\frac{1}{30000}$ Zoll Dicke ausziehen. Ein kleines Stück Moſchus erfüllt ein großes Zimmer mit ſeinem Geruche, ohne daß die verflüchtigten Theile durchs Gewicht erkannt werden können. Man nimmt an, daß ein Gran 320 Quadrillionen Theile gebe, deren jeder den Geruchsſinn zu afficiren vermag. Mit Phosphor kann man eine Menge leuchtender Buchſtaben an eine Wand ſchreiben, ohne ihn merklich abzureiben. Ein Gran Carmin färbt 20 Pfund Waſſer merklich roth und jedes als roth bemerkbare Theilchen hat nur die Größe $\frac{1}{30000000}$ Zoll. **Löwenhoek** zählte in einem Tropfen Stockfiſchmilch von der Größe eines Sandkorns 2 Millionen Thierchen. Man kennt mikroſkopiſche Thiere, deren Bau ſo zu-

ſammengeſetzt iſt, wie der des Elephanten. Als Beiſpiel könnten noch die homöopatiſchen Verdünnungen der Arzneiſtoffe angeführt werden, welche z. B. bis auf Decilliontheilchen eines Grans gehen. Der Theilbarkeit der Materie ſteht die Lehre von den Atomen und Molécules (ſ. d. Art.) nur ſcheinbar entgegen, inſofern man zu den letzten untheilbaren Theilen der Materie durch keine mechaniſche Theilung ſoll gelangen können. Dieſe letzten Theile ſind wahrhaft unendlich klein, alſo die Theilbarkeit in Wahrheit unendlich.

Thermometer (v. d. griech. *θερμός* warm und *μέτρον* Maß), Wärmemaß iſt ein Inſtrument, welches zur vergleichenden Meſſung der fühlbaren (freien) Wärme der Körper dient. Die Wärme dehnt nämlich alle Körper aus und kennt man daher die Geſetze, nach denen dieſe Ausdehnung erfolgt, ſo kann man aus der Ausdehnung, die ein Körper durch die Wärme erlitten hat, auf die Größe der Wärme ſelbſt ſchließen. Im Allgemeinen weiß man aus Beobachtungen, daß die Ausdehnung der Wärme proportional ſei und man könnte ſich daher, wenn der Satz ſtreng richtig wäre, ſowohl für die höchſten Wärmegrade, als auch für die niedrigſten, jedes beliebigen Körpers als eines Thermometers bedienen. Da jedoch einige Körper ſtärker, als andere (wenn auch beide in demſelben Verhältniſſe bei zunehmender Wärme) durch die Wärme ausgedehnt werden (vergl. d. Art. Ausdehnung), ſo liegt es nahe zur Herſtellung von Thermometern ſich ſolcher Körper zu bedienen, welche von der Wärme beſonders ſtark ausgedehnt werden, denn an einem ſolchen Körper wird man ſchon eine geringe Wärmeveränderung bemerken, welche an der Ausdehnung eines minder empfindlichen Körpers ſich nicht wahrnehmen läßt. Ferner werden ſich aber auch vorzugsweiſe nur ſolche Stoffe zu Thermometern empfehlen, welche durch die Wärme, auch nicht durch die höchſten und niedrigſten Grade, keine die genaue Meſſung unmöglich machende Veränderung erleiden. Weder organiſche Stoffe werden ſich daher eignen, denn dieſe vertrocknen in der Wärme, krümmen ſich und ſchrumpfen zuſammen, noch Stoffe wie Waſſer, denn dieſes verwandelt ſich bei hoher Temperatur in Dampf, bei niedriger in Eis. Hiernach würden ſich zu Thermometern am Ende allein nur die permanenten Gasarten eignen, denn dieſe haben bekanntlich die Eigenthümlichkeit, daß ſie in keiner uns bekannten Temperatur in tropfbarflüſſigen oder feſten Zuſtand übergehen. Die älteſten Wärmemeſſer ſind auch in der That Luftthermometer. Man hat jedoch für gewöhnlich auf den Umſtand verzichtet, einen abſoluten, ſeinem Hauptbeſtandtheile nach in jeder Temperatur unveränderlichen Thermometer zu beſitzen und ſich zu Herſtellung für gewöhnliche derartige Inſtrumente des in vieler Beziehung ſich empfehlenden Queckſilbers bedient. Auch mit Weingeiſt und anderen Flüſſigkeiten ſind Thermometer hergeſtellt worden. Während nähmlich die Ausdehnungen, welche feſte Körper durch die Wärme erleiden, im Allgemeinen zu unbedeutend ſind, als daß ſich ein feſter Körper zum Thermometer empföhle, ſind die Ausdehnungen luftförmiger Körper durch die Wärme allzubedeutend. Zwiſchen gasförmigen u.

feſten Körpern liegen auch in Bezug auf Ausdehnung durch die Wärme die tropfbarflüſſigen Körper mitten inne.

Das Queckſilber hat folgende empfehlende Eigenſchaften: Es hält unter allen tropfbaren Flüſſigkeiten mit Ausnahme einiger Oele, die höchſten Wärmegrade aus, ehe es ſich in Dampf umwandelt; es hält eben ſo unter allen tropfbaren Flüſſigkeiten mit Ausnahme einiger ſpirituöſen Flüſſigkeiten die niedrigſten Wärmegrade (Kältegrade) aus, ehe es zu einem feſten Körper erſtarrt (gefriert); ſeine Ausdehnung iſt innerhalb derjenigen Temperaturen, welche am häufigſten in Betracht kommen, der Wärmeveränderung genau proportional und regelmäßig; es iſt gegen die Veränderungen der Wärme empfindlicher als jede andere Flüſſigkeit, ohne daß es ſeine Empfindlichkeit mit der Zeit verliert oder ändert.

Das Queckſilberthermometer beſteht aus einer gläſernen, engen, wohlcalibrirten Röhre, an deren einem Ende ein ihrer Weite angemeſſenes, meiſtens kugelförmiges (zuweilen auch cylinderförmiges) Gefäß angeblaſen iſt. Das Inſtrument iſt zum Theil mit reinem Queckſilber gefüllt, deſſen Ausdehnung, nach welcher es höher oder niedriger in der Röhre ſteht, an einer Scale gemeſſen wird, welche an die Röhre befeſtigt iſt. Die Glasröhre iſt oben entweder offen oder verſchloſſen. Man verſchließt ſie nur, um das Inſtrument leichter transportiren zu können, ohne ein Auslaufen des Queckſilbers befürchten zu dürfen, und damit ſich das Queckſilber nicht verunreinigt. Soll aber die Röhre verſchloſſen werden, ſo muß vorher alle Luft ſorgfältig aus ihr ausgetrieben werden, weil ſonſt die Luft die Ausdehnung des Queckſilbers hindern, ja ein Zerbrechen der Röhre bewirken würde. Die Scale wird ſo hergeſtellt, daß man erſtens denjenigen Punkt bemerkt, bei welchem das Queckſilber in der Röhre ſtehen bleibt, wenn man ſie einige Zeit in thauendes Eis geſenkt hat, und zweitens denjenigen Punkt angibt, bei welchem das Queckſilber ſtehen bleibt, nachdem man das Inſtrument einige Zeit in reines ſiedendes Waſſer getaucht hat. Beide Punkte haben zwiſchen ſich den Fundamentalabſtand des Thermometers, und der erſte heißt der Eispunkt, Gefrierpunkt, Thaupunkt, Nullpunkt, (wenn man von ihm ab die Grade der Scale zählt), der zweite der Siedepunkt des Thermometers. Der Fundamentalabſtand wird nach Réaumur in 80, nach Celſius in 100, nach Fahrenheit in 180 Theile oder Grade eingetheilt. Bei der Réaumurſchen Scale bezeichnet man den Eispunkt mit 0, wonach der Siedepunkt die Zahl 80 erhält; bei der Celſiusſchen Scale wird der Eispunkt gleichfalls mit 0, der Siedepunkt folglich mit 100 bezeichnet; bei der Fahrenheitſchen Scale endlich wird der Eispunkt mit 32, der Siedepunkt alſo mit $180 + 32 = 212$ bezeichnet. Die Eintheilung der Scale wird auch noch unterhalb des Eispunktes fortgeſetzt und die Grade unter 0 werden wieder von 1 ab fortgezählt, aber durch das Minuszeichen (—) ausgezeichnet, wogegen die Grade über 0 das Pluszeichen (+) erhalten, und man ſpricht in dieſer Beziehung von negativen oder Kältegraden. Nach der Fahrenheitſchen Theilung liegen noch 32 poſit. Grade unter dem Eispunkte. Die verſchiedenen Thermometerangaben bezeichnet man mit den Buchſtaben R (Réaumur),

C (Celſius), und F (Fahrenheit), um anzuzeigen, nach welcher Scale ſie genommen ſind. Es ſtimmen hiernach überein

0° R, 0° C und 32° F; ebenſo 80° R, 100° C und 212° F und man kann die Angaben nach der einen Scale leicht in Angaben nach einer andern verwandeln, nach folgenden einfachen Formeln, in denen R, C, F irgend eine Angabe nach Réaumur, Celſius oder Fahrenheit bedeuten:

$R = \frac{80}{100} C = \frac{4}{5} C$, $R = \frac{80}{180}(F - 32) = \frac{4}{9}(F - 32)$,

$C = \frac{100}{80} R = \frac{5}{4} R$, $C = \frac{100}{180}(F - 32) = \frac{5}{9}(F - 32)$,

$F = \frac{180}{80} R + 32 = \frac{9}{4} R + 32$, $F = \frac{180}{100} C + 32 = \frac{9}{5} C + 32$.

Außer den angegebenen iſt in Rußland auch noch zuweilen die Deliſleſche Eintheilung in Gebrauch, bei welcher der Siedepunkt mit 0, der Eiepunkt mit 150 bezeichnet iſt, ſo daß der Fundamentalabſtand von oben nach unten in 150 Grade getheilt iſt. Bezeichnet man mit J die Angaben nach der Deliſleſchen Scale, ſo hat man die Formeln: $J = 150 - \frac{15}{8} R$, $J = \frac{80}{180} - \frac{3}{2} C$, $J = 176{,}66 - \frac{5}{6} F$. Nach La Lande ſoll man 0 bei 9°,5 R. und 132,8 bei 80° R. ſetzen.*) Zur leichtern Reduction der gebräuchlichen Thermometerangaben, ſind folgende Tabellen nach den angegebenen Formeln berechnet worden.

$\frac{5}{4} R = C.$ $\frac{9}{4} R + 32 = F.$

Réaum. Grade R	machen		Réaum. Grade R	machen	
	Celſiſche C	Fahrenheitſche F		Celſiſche C	Fahrenheitſche F
0°	0°	32°	20	25,00	77,00
1	1,25	34,25	21	26,25	79,25
2	2,50	36,50	22	27,50	81,50
3	3,75	38,75	23	28,75	83,75
4	5,00	41,00	24	30,00	86,00
5	6,25	43,25	25	31,25	88,25
6	7,50	45,50	26	32,50	90,50
7	8,75	47,75	27	33,75	92,75
8	10,00	50,00	28	35,00	95,00
9	11,25	52,25	29	36,25	97,25
10	12,50	54,50	30	37,50	99,50
11	13,75	56,75	31	38,75	101,75
12	15,00	59,00	32	40,00	104,00
13	16,25	61,25	33	41,25	106,25
14	17,50	63,50	34	42,50	108,50
15	18,75	65,75	35	43,75	110,75
16	20,00	68,00	36	45,00	113,00
17	21,25	70,25	37	46,25	115,25
18	22,50	72,50	38	47,50	117,50
19	23,75	74,75	39	48,75	119,75

*) Ueber die Gründe, welche zur Wahl dieſer verſchiedenen Scalen Veranlaſſung gegeben, ſ. d. Folg.

Réaum. Grade R	machen Celſiſche C	machen Fahrenheitſche F	Réaum. Grade R	machen Celſiſche C	machen Fahrenheitſche F
40°	50,00	122,00	61	76,25	169,25
41	51,25	124,25	62	77,50	171,50
42	52,50	126,50	63	78,75	173,75
43	53,75	128,75	64	80,00	176,00
44	55,00	131,00	65	81,25	178,25
45	56,25	133,25	66	82,50	180,50
46	57,50	135,50	67	83,75	182,75
47	58,75	137,75	68	85,00	185,00
48	60,00	140,00	69	86,25	187,25
49	61,25	142,25	70	87,50	189,50
50	62,50	144,50	71	88,75	191,75
51	63,75	146,75	72	90,00	194,00
52	65,00	149,00	73	91,25	196,25
53	66,25	151,25	74	92,50	198,50
54	67,50	153,50	75	93,75	200,75
55	68,75	155,75	76	95,00	203,00
56	70,00	158,00	77	96,25	205,25
57	71,25	160,25	78	97,50	207,50
58	72,50	162,50	79	98,75	209,75
59	73,75	164,75	80	100,00	212,00
60	75,00	167,00			

$\frac{4}{5}\,C = R \qquad \frac{9}{5}\,C + 32 = F$

Celſiſche Grade C	machen Réaum. R	machen Fahrenheitſche F	Celſiſche Grade C	machen Réaum. R	machen Fahrenheitſche F
0°	0°	32,00	19	15,20	66,20
1	0,80	33,80	20	16,00	68,00
2	1,60	35,60	21	16,80	69,80
3	2,40	37,40	22	17,60	71,60
4	3,20	39,20	23	18,40	73,40
5	4,00	41,00	24	19,20	75,20
6	4,80	42,80	25	20,00	77,00
7	5,60	44,60	26	20,80	78,80
8	6,40	46,40	27	21,60	80,60
9	7,20	48,20	28	22,40	82,40
10	8,00	50,00	29	23,20	84,20
11	8,80	51,80	30	24,00	86,00
12	9,60	53,60	31	24,80	87,80
13	10,40	55,40	32	25,60	89,60
14	11,20	57,20	33	26,40	91,40
15	12,00	59,00	34	27,20	93,20
16	12,80	60,80	35	28,00	95,00
17	13,60	62,60	36	28,80	96,80
18	14,40	64,40	37	29,60	98,60

Celſiſche Grade C	machen Réaum. R	machen Fahren=heitſche F	Celſiſche Grade C	machen Réaum. R	machen Fahrenheitſche F
38°	30,40	100,40	70°	56,00	158,00
39	31,20	102,20	71	56,80	159,80
40	32,00	104,00	72	57,60	161,60
41	32,80	105,80	73	58,40	163,40
42	33,60	107,60	74	59,20	165,20
43	34,40	109,40	75	60,00	167,00
44	35,20	111,20	76	60,80	168,80
45	36,00	113,00	77	61,60	170,60
46	36,80	114,80	78	62,40	172,40
47	37,60	116,60	79	63,20	174,20
48	38,40	118,40	80	64,00	176,00
49	39,20	120,20	81	64,80	177,80
50	40,00	122,00	82	65,60	179,60
51	40,80	123,80	83	66,40	181,40
52	41,60	126,60	84	67,20	183,20
53	42,40	127,40	85	68,00	185,00
54	43,20	129,20	86	68,80	186,80
55	44,00	131,00	87	69,60	188,60
56	44,80	132,80	88	70,40	190,40
57	45,60	134,60	89	71,20	192,20
58	46,40	136,40	90	72,00	194,00
59	47,20	138,20	91	72,80	195,80
60	48,00	140,00	92	73,60	197,60
61	48,80	141,80	93	74,40	199,40
62	49,60	143,60	94	75,20	201,20
63	50,40	145,40	95	76,00	203,00
64	51,20	147,20	96	76,80	204,80
65	52,00	149,00	97	77,60	206,60
66	52,80	150,80	98	78,40	208,40
67	53,60	152,60	99	79,20	210,20
68	54,40	154,40	100	80,00	212,00
69	55,20	156,20			

$\frac{5}{9}(F - 32) = C.$ $\frac{4}{9}(F - 32) = R.$

Fahrenheitſche F	machen C	machen R	Fahrenheitſche F	machen C	machen F
0°	— 17,78	— 14,22	9°	— 12,78	— 10,22
1	17,22	13,77	10	12,22	9,77
2	16,67	13,33	11	11,67	9,33
3	16,11	12,88	12	11,11	8,88
4	15,56	12,44	13	10,56	8,44
5	15,00	12,00	14	10,00	8,00
6	14,44	11,55	15	9,44	7,55
7	13,89	11,11	16	8,89	7,11
8	13,33	10,66	17	8,33	6,66

Fahrenheitſche F	machen C	machen R	Fahrenheitſche F	machen C	machen R
18	— 7,78	— 6,22	71	21,67	17.33
19	7.22	5,77	72	22.22	17,77
20	6,67	5,33	73	22.77	18.22
21	6,11	4,88	74	23,33	18.66
22	5.56	4,44	75	23.89	19.11
23	5,00	4,00	76	24.44	19,55
24	4,44	3,55	77	25,00	20,00
25	3,89	3,11	78	25,56	20.44
26	3,33	2,66	79	26,11	20.88
27	2,78	2,22	80	26,67	21,38
28	2.22	1,77	81	27,22	21.77
29	1,67	1,33	82	27,78	22,22
30	1,11	0,88	83	28,33	22.66
31	0,56	0,44	84	28,89	23.11
32	0,00	0,00	85	29,44	23,55
33	+ 0,56	+ 0.44	86	30,00	24,00
34	1.11	0,88	87	30,56	24,44
35	1,67	1,33	88	31,11	24.88
36	2,22	1,77	89	31,67	25,33
37	2,78	2,22	90	32,22	25,77
38	3,33	2,66	91	32.78	26,22
39	3,89	3,11	92	33.33	26,66
40	4,44	3,55	93	33,89	27,11
41	5,00	4,00	94	34,44	27,55
42	5,56	4,44	95	35,00	28,00
43	6,11	4,88	96	35,56	28.44
44	6.67	5,33	97	36,11	27,88
45	7.22	5,77	98	36,67	29,33
46	7,78	6,22	99	37,22	29,77
47	8,33	6,66	100	37,78	30,22
48	8,89	7,11	101	38,33	30,66
49	9.44	7,55	102	38,89	31,11
50	10,00	8,00	103	39,44	31,55
51	10.56	8,44	104	40,00	32,00
52	11,11	8,88	105	40,56	32,44
53	11.67	9,33	106	41,11	32,88
54	12,23	9,77	107	41,67	33,33
55	12,78	10,22	108	42,22	33,77
56	13,33	10,66	109	42,78	34,22
57	13,89	11,11	110	43,33	34,66
58	14,44	11.55	111	43,89	35,51
59	15,00	12,00	112	44,44	35,55
60	15,56	12,44	113	45,00	36,00
61	16,11	12,88	114	45,56	36,44
62	16,67	13,33	115	46,11	36,88
63	17,22	13,77	116	46,67	37,33
64	17,78	14,22	117	47.22	37,77
65	18,33	14,66	118	47,78	38,22
66	18,89	15,11	119	48,33	38,66
67	19,44	15,55	120	48,89	39,11
68	20,00	16,00	121	49,44	39,55
69	20,56	16,44	122	50,00	40,00
70	21,11	16,88	123	50,56	40,44

Fahrenheitſche F	machen		Fahrenheitſche F	machen	
	C	R		C	R
124	51,11	40,88	169	76,11	60,88
125	51,67	41,33	170	76,67	61,33
126	52,22	41,77	171	77.22	61,77
127	52,78	42,22	172	77,78	62,22
128	53.33	42,66	173	78,33	62,66
129	53.89	43,11	174	78,89	63,11
130	54,44	43,55	175	79,44	63,55
131	55,00	44.00	176	80,00	64,00
132	55,56	44,44	177	80,56	64,44
133	56,11	44,88	178	81,11	64,88
134	56,67	45,33	179	81,67	65,33
135	57,22	45,77	180	82,22	65,77
136	57,78	46,22	181	82,78	66,22
137	58,33	46,66	182	83,33	66,66
138	58,89	47,11	183	83,89	67,11
139	59.44	47,55	184	84,44	67,55
140	60,00	48,00	185	85,00	68,00
141	60,56	48,44	186	85,56	68,44
142	61,11	48,88	187	86,11	68,88
143	61,67	49,33	188	86,67	69,33
144	62,22	49,77	189	87,22	69,77
145	62,78	50,22	190	87,78	70,22
146	63,33	50,66	191	88,33	70,66
147	63,89	51,11	192	88,89	71,11
148	64,44	51,55	193	89,44	71,55
149	65,00	52,00	194	90,00	72,00
150	65,56	52,44	195	90,56	72,44
151	66,11	52,88	196	91,11	72,88
152	66,67	53,33	197	91,67	73,33
153	67,22	53,77	198	92,22	73,77
154	67,78	54,22	199	92,78	74,22
155	68,33	54,66	200	93,33	74,66
156	68,89	55,11	201	93,89	75,11
157	69,44	55,55	202	94,44	75,55
158	70,00	56,00	203	95.00	76,00
159	70,56	56,44	204	95,56	76,44
160	71,11	56,88	205	96,11	76,88
161	71,67	57,33	206	96,67	77,33
162	72,22	57,77	207	97,22	77,77
163	72,78	58,22	208	97,78	78,22
164	73,33	58,66	209	98,33	78,66
165	73,59	59,11	210	98,89	79,11
166	74,44	59,55	211	99,44	79,55
167	75,00	60,00	212	100,00	80,00
168	75,56	60,44			

Proportionaltheile:

F	C
0,°1	0,°06
0,2	0,11
0,3	0,17
0,4	0,22
0,5	0,28
0,6	0,33
0,7	0,39
0,8	0,44
0,9	0,50

Bei den **Weingeiſtthermometern** vertritt Weingeiſt die Stelle des Queckſilbers, übrigens haben ſie dieſelbe Einrichtung und Form wie die Queckſilberthermometer. Der Weingeiſt hat den Vorzug, daß er in einer Temperatur, wo Queckſilber gefriert, noch flüſſig bleibt und daß er eine ungefähr achtmal ſtärkere Ausdehnung durch die Wärme erfährt als Queckſilber. Zwar ſiedet er im Freien bei einer Temperatur unter 100 °C, in luftleeren verſchloſſenen Röhren laſſen aber die ſich bildenden Weingeiſtdämpfe den Weingeiſt nicht zum Sieden kommen. Auch laſſen ſich Weingeiſtthermometer bei weitem leichter herſtellen als Queckſilberthermometer. Dennoch ſteht der Weingeiſt als Thermometerflüſſigkeit dem Queckſilber weit nach. Vergleicht man den Gang eines Weingeiſtthermometers, mit dem eines Queckſilberthermometers, ſo zeigt ſich, daß nur bei ſehr niedrigen Temperaturen der Gang des erſteren gleichförmig iſt, aber um ſo ungleichförmiger wird, je höhere Temperaturen man beobachtet. Ueberdieß werden auch Weingeiſtthermometer, vorausgeſetzt, daß ſie mit ganz gleicher Sorgfalt gearbeitet ſind, nur dann übereinſtimmen, wenn man zu ihnen Weingeiſt von genau gleicher Stärke genommen hat *).

Die **Luftthermometer** haben den Vortheil, daß ſich die Luft, wie überhaupt alle Gaſe, in den höchſten wie in den niedrigſten Temperaturen völlig regelmäßig ausdehnt. Man kann aber die Luftthermometer niemals ſo zweckmäßig und transportabel einrichten, wie die Queckſilber- und Weingeiſtthermometer. Wenn man an einem gewöhnlichen Barometer, (ſ. d. Art.) das als Gefäß eine zum Theil mit Queckſilber, zum Theil mit Luft gefüllte Kugel hat, die Kugel oberwärts zuſchmelzt, ſo hat man alsbald ein Luftthermometer hergeſtellt. Dehnt ſich nämlich die noch in der Kugel enthaltene Luft in Folge der Wärme aus, ſo wird ſich das Queckſilber in der Röhre heben. Ein derartiges Inſtrument wirkt gar nicht mehr als Barometer, weil der Druck der Atmoſphäre durch die angegebene Zuſchmelzung der Kugel aufgehoben wird. Der Eispunkt und Siedepunkt eines ſolchen Thermometers wird, nachdem es

*) Ganz entbehren kann man die Weingeiſtthermometer nicht, weil ſie ſtets bei ſehr niedrigen Temperaturen angewendet werden müſſen, wo Queckſilber gefriert oder doch unſicher wird (ſ. d. Folg.). Rectificirter Weingeiſt gefriert in keiner bekannten Temperatur.

vertical aufgehängt, in ähnlicherweiſe wie beim Queckſilberthermometer beſtimmt. Dagegen dehnt ſich ſeinerſeits auch das Queckſilber in ähnlicher Weiſe aus, wie bei einem Queckſilberthermometer der Fall iſt. Dieſer Einfluß des Queckſilbers muß ſtets in Anrechnung gebracht werden. Eine andere Einrichtung des Luftthermometers iſt die, welche einem gewöhnlichen Queckſilberthermometer gleicht. In der Kugel und dem unteren Theile der Röhre befindet ſich wohlausgetrocknete Luft, welche durch eine kurze Queckſilberſäule von der äußeren Luft abgeſperrt iſt. Das obere Ende der Röhre iſt offen, und die kurze Queckſilberſäule ſteht höher oder niedriger, je nachdem die Temperatur, welche die Luft im Thermometer ausdehnt, höher oder niedriger iſt. Dieſes Thermometer ſteht, weil es offen iſt, unter dem Einfluſſe des Luftdruckes, ſo daß, wenn dieſer ſich änderte, auch der Stand des Thermometers ſelbſt bei gleichbleibender Temperatur ein anderer werden würde. Der Einfluß des zu beobachtenden Luftdruckes läßt ſich nach dem Mariottiſchen Geſetze (ſ. d. Art. Gaſe) berechnen. Auch bei der Theilung des Fundamentalabſtandes kann man auf verſchiedene Weiſe verfahren. Man kann denſelben in 375 gleiche Theile zerlegen *), zum Eispunkte 1000 und zum Siedpunkte 1375 ſetzen, oder man kann ihn in 100 Theile theilen, und den Eispunkt mit 267 bezeichnen, woraus ſich für den Siedpunkt die Zahl 367 ergiebt. Das erſte Verfahren gewährt den Vortheil, daß ein darnach eingerichteter Thermometer ſtets unmittelbar die Größe der Ausdehnſamkeit der Luft, mithin das wahre Maß der Wärme angibt, das letztere hingegen den, daß ſich die Grade des Luftthermometers durch bloße Addition oder Subtraction in die eines hundertheiligen Queckſilberthermometers verwandeln laſſen. Heißt eine beliebige Anzahl Grade des Luftthermometers nach der erſten Einrichtung L, die ihr entſprechende am hunderttheiligen Queckſilberthermometer C; ſo iſt $L = 3{,}75\ C + 1000$ und $C = \frac{L - 1000.}{3{,}75}$ Bezeichnet L′ dieſelbe Größe für das Luftthermometer nach der zweiten Einrichtung; ſo iſt $L' = 267 + C$ und $C = L' - 267$.

Dulong und Petit haben über die Ausdehnung der Gaſe für die Temperaturen unter 0 und über 100 C. Unterſuchungen angeſtellt, und ſind dabei zu nachſtehenden für die Lehre von den Thermometern höchſt wichtigen Reſultaten gekommen. Von 0 bis — 36° C. iſt die Ausdehnung der Luft verglichen mit der des Queckſilberthermometers noch gleichmäßig und dieſelbe wie die Ausdehnung zwiſchen 0 und 100°. Unter —36° befindet ſich das Queckſiber zu nah an ſeinem Gefrierpunkte, als daß es zur Meſſung der Temperaturen benutzt werden könnte. Von 100° bis 360° C. wird die Ausdehnung der Luft, bezogen auf das Queckſilberthermometer abnehmend, d. h. für jeden Grad und mithin für jede gleichgroße Volumenzunahme, welche das Thermometer annimmt, nimmt die Luft immer kleinere und kleinere Zuwächſe. Umgekehrt ſind die Ausdehnungen des Queckſilbers über 100°, verglichen mit

*) Vergl. d. Art. Ausdehnung, S. 125.

den Ausdehnungen der Luft zunehmend. Es ſcheint für den Augenblick, daß es ſchwer ſei zu entſcheiden, ob dieſe Unregelmäßigkeit im Queckſilber oder in der Luft ihren Grund habe; bedenkt man aber, daß alle Gaſe ſich genau eben ſo wie die Luft verhalten, und daß der gasförmige Zuſtand an ſich mehr Gleichmäßigkeit als der tropfbarflüſſige hat, welcher ſo zu ſagen nur ein Durchgangszuſtand iſt; ſo iſt klar, daß man die Ausdehnung der Luft zu Grunde legen, als die regelmäßige annehmen, und die Ausdehnungen aller andern Körper mit der Ausdehnung der Luft vergleichen muß. Dulong und Petit kamen bei ihrer Vergleichung des Queckſilberthermometers mit dem Luftthermometer zwiſchen den Temperaturen 100° und 360°, welche die Temperatur des ſiedenden Queckſilbers iſt, zu folgenden Reſultaten.

Temperaturen, angezeigt vom Queckſilbertherm. mit Glashülle.	Temperaturen, angezeigt von einem Luftherm. und corrig. auf Ausdehnung des Glaſes.	Volumina, welche derſelben Luftmaſſe entſprechen.
—36°	—36°	0,8650
0	0	1,0000
100	100	1,3750
150	148,70	1,5576
200	197,05	1,7389
250	245,05	1,9189
300	292,70	2,0976
Siedep. d. Queckſ. 360	350,00	2,3125

Die erſte Columne zeigt die Temperaturen nach dem Queckſilberthermometer an. Die zweite Columne gibt die entſprechenden Temperaturen nach einem Luftthermometer, bei welchem vorausgeſetzt iſt, daß es eben ſo wie das Queckſilberthermometer graduirt ſei, d. h. daß der Abſtand des Eispunktes vom Siedepunkte des Waſſers in 100 gleiche Theile getheilt ſei, und daß dieſe Theilung über und unter die genannten Punkte fortgeſetzt ſei. Nur die Grade des Queckſilberthermometers hängen von der Ausdehnung des Queckſilbers und der des Glaſes ab, welches das Queckſilber umgibt, während die Grade des Luftthermometers vom Einfluſſe der Ausdehnung des Glaſes, welche als bekannt angenommen, corrigirt ſind. Die dritte Columne zeigt die auf einander folgenden Volumina an, welche dieſelbe Maſſe trockner Luft unter demſelben Drucke einnimmt, indem ſie von der Temperatur 0, wo ihr Volumen = 1 angenommen, ausgeht und nach und nach die in den nebenſtehenden Columnen angegebenen Temperaturen einnimmt. Man ſieht, daß das Luftthermometer und das Queckſilberthermometer von — 36° bis + 100° C. genau zuſammenſtimmen, daß aber über 100° das Queckſilberthermometer voraus eilt; es gibt 200, wenn das Luftthermometer nur erſt 197,05 gibt, welches eine Differenz von ungefähr 3° macht; dieſe Differenz verdoppelt ſich zwiſchen 200 und 300 und beträgt endlich zwiſchen 100 und 360° ſogar 10°, weil das Luftthermometer dann erſt 350 gibt.

Der Apparat, deſſen ſich Dulong und Petit bedient, um zu

dieſen Reſultaten zu gelangen, iſt Fig. 331. 332. und 333. dargeſtellt. Er beſteht aus einem rechtwinkligen Kaſten von Rothkupfer, von 7 Decimeter Länge, 1 Decim. Breite und 1 Decim. Tiefe, den man mit beſtändigem Oel füllt und mit einem Ofen in Verbindung bringt, der ſo eingerichtet iſt, daß alle Theile des Kaſtens gleichmäßig erhitzt werden können. Fig. 332. zeigt den verticalen, und Fig. 333. den horizontalen Durchſchnitt deſſelben. Der Deckel iſt mit mehren Löchern durchbohrt, von denen die einen zur Aufnahme von Thermometern, die andern zur Aufnahme von Stangen mit Flügeln beſtimmt ſind, welche durch ihre Umdrehung die Flüſſigkeit miſchen und durchgängige Gleichförmigkeit der Temperatur bewirken. Die eine der kleinen Seitenflächen hat zwei Oeffnungen, welche dieſelbe Größe haben und in demſelben Niveau liegen. Die erſte nimmt einen horizontalen Thermometer bt auf, die zweite die Luftröhre cac′, welche gleichfalls horizontal liegt. Dieſe beiden Inſtrumente befinden ſich in derſelben Niveaulage und die Kugel b des Thermometers entſpricht der Mitte a der Länge der Röhre. Mit dieſem Apparate wurde die Ausdehnung der Luft auf zwei Weiſen beobachtet, durch Meſſung der Volumina, und durch Meſſung der Drucke. Um das erſte Verfahren einzuſchlagen, läßt man die Luftröhre cac′ in einen ſehr feinen Schnabel c′ (eine offene Spitze) ausgehen, welcher aus dem kupfernen Kaſten heraustreten muß (Fig. 332. und 333.). Iſt dieſe Röhre mit trockner Luft gefüllt, ſo läßt man ſie offen, bringt den Apparat in Ordnung, gießt das fixe Oel ein, welches erwärmt werden ſoll, und ſteigert gradweiſe die Temperatur. Wenn man ſich dem Temperaturgrade nähert, den man erreichen will, verſchließt man den Ofen. Die Temperatur ſteigt noch, bis ſie ein Maximum (höchſten Grad) erreicht hat, auf dem ſie eine kurze Zeit beharrt; und während dieſer nimmt man die drei Verrichtungen vor, von denen der Erfolg des Verſuches abhängt: man beobachtet das Queckſilberthermometer, beobachtet das Barometer, und ſchließt zugleich mit dem Löthrohr den Schnabel c′ der Luftröhre. Nachher, wenn der Apparat abgekühlt iſt, nimmt man die Luftröhre heraus, bringt ſie in ein Gemach von bekannter Temperatur, ſtellt ſie ſenkrecht, mit der Spitze nach unten, in ein Gefäß mit Queckſilber und bricht das (zugeſchmolzene) Ende des Schnabels ab. Da die abgekühlte Luft im Innern der Röhre nunmehr eine geringere Spannung hat, als der atmoſphäriſche Druck beträgt, ſo ſteigt das Queckſilber in der Röhre bis zu einer gewiſſen Höhe, die man mit großer Sorgfalt mißt. Hierauf ſtellt man die Wägungen an: 1) wägt man die Röhre und alles Queckſilber, welches ſie enthält; 2) wägt man die Röhre ohne das Queckſilber; 3) wägt man die mit Queckſilber gefüllte Röhre. Zieht man nach einander die erſte und zweite Wägung von der dritten ab, ſo hat man die Gewichte zweier Volumina Queckſilber; das erſte iſt gleich dem Volumen der erkalteten Luft, das zweite gleich dem Totalvolumen der Röhre und folglich gleich dem Volumen der erhitzten Luft, welche ſie in dem Augenblicke erfüllte, wo ſie mit dem Löthrohre verſchloſſen wurde. Corrigirt man dieſe Reſultate nach der Ausdehnung des Glaſes und dem Unterſchiede der (atmoſphäriſchen an dem Barometer beobachteten) Drucke, ſo erhält man endlich das genaue Ver-

hältniß zwiſchen dem Volumen der erhitzten Luft und dem Volumen der kalten Luft, woraus man auf die Ausdehnung der Luft ſchließt. — Um dieſe durch Meſſung der Drucke zu beſtimmen, bedient man ſich der in Fig. 331. abgebildeten Luftröhre. Dieſe Röhre wird wie die erſte angebracht, nur daß der umgebogene Theil ſenkrecht herabgeht. Man bewirkt die Erhitzung wie vorhin, und wenn man das Maximum der Temperatur erreicht hat, bringt man das Ende der Röhre, anſtatt es wie vorhin zu verſchließen, in ein kleines Gefäß voll Queckſilber, und läßt den Apparat erkalten. Indem die Spannung der Luft (im Innern der Röhre) abnimmt, ſteigt das Queckſilber in dem ſenkrechten Arme in die Höhe, und man mißt mit großer Sorgfalt die Höhe, in welcher es ſtehen bleibt, wenn die Temperatur der Abkühlung bleibend geworden iſt. Auf dieſe Weiſe erkennt man, nachdem die erforderlichen Correcturen angebracht worden, das Volumen und den Druck der heißen Luft, das Volumen und den Druck der kalten Luft und leitet daraus die Ausdehnung ab. Die Reſultate dieſer beiden Verfahrungsarten dienen einander zur Beſtätigung, denn ſie ſtimmen vollſtändig unter einander überein und zeigen zugleich, daß das Mariottiſche Geſetz (ſ. d. Art Gaſe) für alle Temperaturen gilt. *)

Aehnlich wie das Queckſilber, welches nur innerhalb gewiſſer Grenzen in ſeinen Ausdehnungen mit dem Gange des Luftthermometers übereinſtimmt, verhalten ſich alle übrigen Körper. Was namentlich verſchiedene Flüſſigkeiten betrifft, aus denen Thermometer verfertigt werden können, hat Deluc Beobachtungen angeſtellt, welche im Art. Ausdehnung S. 107 nach ihren Reſultaten mitgetheilt ſind. Man ſieht aus der Tabelle, daß ſich keine Flüſſigkeit ſo gut wie Queckſilber zur Conſtruction von Thermometern eignet.

Die Geſchichte der Entdeckung und allmähligen Verbeſſerung eines ſo wichtig gewordenen Inſtrumentes, wie das Thermometer, iſt nicht ohne Intereſſe. Die Erfindung wird allgemein einem Landmanne aus Alkmar in Nord-Holland, Namens Cornelius Drebbel zugeſchrieben. In der erſten Hälfte des 17. Jahrh. wurde das Inſtrument in Holland und England bekannt. Auch der Arzt Sanctorius, Galilei u. a., ſind als Erfinder des Thermometers, aber wahrſcheinlich mit Unrecht genannt worden. Drebbels Thermometer hatte folgende Einrichtung. In dem Gefäße (Fig. 334.) ab befindet ſich gemeines Waſſer mit Scheidewaſſer vermiſcht, damit es nicht ſogleich gefriere. Die leere gläſerne Kugel c mit der daranbefindlichen Röhre wird erwärmt, damit ein Theil Luft heraustrete; hiernächſt wird die Oeffnung der engen Röhre in das Gefäß ab hineingeſteckt. Sobald nun die Kugel erkaltet, zieht ſich die Luft wieder in ihr zuſammen, und die Flüſſigkeit tritt durch c in die enge Röhre hinauf. Geſetzt alſo, die Flüſſigkeit ſei bei ei-

*) Das Waſſerſtoffgas, welches von allen Gaſen dasjenige iſt, welches ſich am meiſten von der atmoſphäriſchen Luft unterſcheidet, hat dennoch dieſelben Reſultate gegeben, ſowohl in Bezug auf Gleichmäßigkeit als auf Quantität der Ausdehnung.

ner gemäßigten Temperatur etwa bis d hinaufgeſtiegen, ſo wird er bei größerer Wärme unter d herabſinken, und bei größerer Kälte über d hinaufſteigen. — Des Sanctorius Thermometer hatte dieſelbe Einrichtung, wie das Drebbelſche, nur daß es (Fig. 335.) bei a umgebogen, und ſtatt des Gefäßes eine gläſerne Kugel cb angeſchmolzen war, in welcher die Flüſſigkeit ungefähr zur Hälfte ſich befand. — Beide Thermometer konnten nun in der beſchriebenen Geſtalt an eine Tafel befeſtigt werden, an der längs der Röhre eine Scale in beliebige Theile als Thermometergrade getheilt angebracht war. Die erſten Weingeiſtthermometer wurden von den Mitgliedern der Akademie zu Florenz verfertigt. Man füllte die gläſerne Röhre (Fig. 336.) ab, die ſich unten in eine kleine Kugel dc endigt, mit gefärbtem Weingeiſt, ungefähr bis zum vierten Theile der Röhre an; hiernächſt erwärmte man die Kugel im heißen Waſſer ſo lange, bis der Weingeiſt in der Röhre ganz in die Höhe ſtieg, und verſchloß ſodann das Ende derſelben hermetiſch. Auf ſolche Art ſteigt die Oberfläche des Weingeiſtes e bei zunehmender Wärme höher, und ſinkt dagegen in der Kälte herab. Die Stelle, wo e in einer gemäßigten Wärme, z. B. in einem tiefen Keller, ſtand, bezeichnete man mit Null, und theilte über und unter dieſer Stelle willkürliche Theile, gemeiniglich 100, ab, wovon jene die Grade der Wärme und dieſe die Grade der Kälte genannt wurden *). Dieſe Inſtrumente hatten den Fehler, daß ſie weder unter einander noch mit dem wahren Gange der Temperatur in ihren Anzeigen übereinſtimmen. Renaldini war der erſte, welcher vorſchlug, den Eis- und Siedepunkt zu bemerken und den Abſtand beider in eine beſtimmte Anzahl Theile zu zerlegen, doch hatte er falſche Vorſtellungen von dem Weſen der Wärme **).

*) Man hat vor Kurzem in Florenz eine Kiſte mit alten Thermometern der Academia del Cimento gefunden, welche in 50° getheilt waren, und bemerkt, daß der Nullpunkt derſelben mit — 15° R., ſo wie der 50° mit + 44° R. übereinſtimmte. Zugleich zeigten Vergleiche mit alten Angaben, daß ſich der Nullpunkt dieſer alten Inſtrumente nicht verändert hat.

**) Das von Amontons ausgeführte Normalthermometer, welches ſchon wegen ſeiner ungeſchickten Länge (4. F.) nicht zu empfehlen, hatte folgende Einrichtung. Es beſtand aus einer gläſernen engen Röhre (Fig. 337.) abc, unten bei c in die Höhe gekrümmt, und an ſelbiger eine Kugel dc geſchmolzen. Die Kugel enthielt Luft; in der Röhre abc aber fand ſich ſo viel Queckſilber, daß, wenn das Thermometer in ſiedendem Waſſer ſtand, die Höhe der Queckſilberſäule über der untern Queckſilberfläche bd, mit der Barometerhöhe zuſammengenommen, 73 par. Zoll betrug. War z. B. die Barometerhöhe 28 Zoll, ſo mußte die Höhe b f 45 Zoll betragen. Alsdann ſetzte Amontons bei f 73 Zoll, und trug längs der Röhre par. Zolle und Linien herab, welche, wie die Figur zeigt, rückwärts gezählt wurden, ſo daß bei b 28 Zoll geſtanden hätte, wenn die Röhre ſo weit zu bezeichnen nöthig geweſen wäre. Verminderte ſich nun durch Erkältung die Elaſticität der Luft in der Kugel ed, ſo ſank die Queckſilberſäule herab, und ihr Stand gab eine gewiſſe Anzahl von Zollen an, von welcher man jedes-

Newton bediente ſich eines Thermometers von Leinöl, weil dieſe Flüſſigkeit weniger leicht als Weingeiſt ſiedet. Derſelbe ſchlug vor, man ſolle die Wärme des Blutes als eine mittlere annehmen, für die Zuſammenziehung der zur Wärmemeſſung genommenen Flüſſigkeit bis zum Punkte des gefrierenden Waſſers dann 12 Grade wählen, ſo werde das ſiedende Waſſer 33 bis 34 von dieſen zeigen, eine mit der gegenwärtigen Scalentheilung ſehr genau zuſammenfallende Beſtimmung. Réaumur erkannte die unveränderliche Temperatur des ſchmelzenden Eiſes und des ſiedenden Waſſers, wählte nicht völlig abſoluten Alkohol zur thermometriſchen Flüſſigkeit, und fand durch Abmeſſung mit kleinen Bechern, daß die Ausdehnung deſſelben zwiſchen dieſen beiden Punkten 0,08 ſeines Volumens betrug. Dieſem nach bezeichnete er den Stand der Weingeiſtſäule bei jenem Punkte mit 0, bei dieſem mit 80 und theilte den ganzen Zwiſchenraum in gleiche Theile, wodurch aber ſeine Scale unrichtig wurde, da die Ausdehnung des Weingeiſtes in höhern Graden zunimmt. De Lüc erkannte und verbeſſerte dieſes zuerſt gründlich, indem er ſtatt des Weingeiſtes Queckſilber wählte, die Beſtimmung der feſten Punkte und die Eintheilung zwiſchen denſelben beibehielt, und hiernach richtige Thermometer einführte. Hiernach hat man alſo zuerſt die Réaumürſche oder achtzigtheilige Scale. — Daniel Gabriel Fahrenheit, ein Verfertiger von Wettergläſern in Danzig, nahm die Kälte von 1709 als das Maximum an, was aber durch Salmiak und Schnee hervorgebracht werden könne; hierhin ſetzte er den abſoluten Nullpunkt, wählte dann für den Siedepunkt des Queckſilbers 600 und zur Bezeichnung der Blutwärme 96 Grade. Schon 1714 erhielt Wolf von ihm zwei übereinſtimmende Thermometer, welches allgemeines Aufſehen erregte. Weil es indeß klar iſt, daß er die beiden Normalpuncte nicht bei jedem Thermometer erhalten konnte, ſo unterliegt es keinem Zweifel, daß er ſich ein Normalthermometer verfertigt hatte, wonach er die übrigen graduirte, und damit war für ihn alſo die Uebereinſtimmung leicht zu erhalten. Auch dieſe erſten Thermometer waren mit Weingeiſt gefüllt, jedoch verfertigte Fahrenheit zehn Jahre ſpäter Queckſilberthermometer, wobei er das urſprüngliche Null beibehielt, als zweiten Punkt aber den des ſiedenden Waſſers wählte und mit 212 bezeichnete, welches demnach die Fahrenheitſche Scale gab. — De l'Isle meinte, man müſſe nur Einen feſten Punkt annehmen, und hierzu wählte er den Siedepunkt des Waſſers, welchen er mit 0 bezeichnete. Weil dann aber das Queckſilber ſich nach ſeinen Meſſungen von hieraus bis zum ſchmelzenden Eiſe um 0,0150 ſeines Volumens zuſammenziehen ſollte, ſo bezeichnete er den letzteren Punkt mit 150, und gab ſo die nach ihm benannte de l'Isleſche Scale, welche von allen

---

mal ſo viel abzog, als die Barometerhöhe über 28 Zoll war, oder ſo viel hinzuſetzte, als ſie unter 28 Zoll betrug, um dasjenige abzurechnen, was allein von dem veränderten Drucke der Luft, und nicht von der Wärme, abhing. So fand er die Wärme des frierenden Waſſers $51\frac{1}{2}$ Zoll, die in den Kellern der pariſer Sternwarte 54 Zoll u. ſ. w.

übrigen abweichend die Grade herabwärts zählt. Ungleich zweckmäßiger war der durch Celſius gethane Vorſchlag, bei der Graduirung der Thermometer die abſolute Ausdehnung der in ihnen enthaltenen Flüſſigkeit zu vernachläſſigen, und ſtatt deſſen lieber den Raum zwiſchen den feſten Punkten in 100 Theile als runde, und hierfür die angemeſſenſte Zahl zu theilen. Dieſer ſo einfache und nahe liegende Gedanke veranlaßte die Celſius'ſche oder hunderttheilige Scale, welche indeß lange Zeit blos in Schweden Eingang fand, und daher auch die Schwediſche genannt wird, ſtatt daß man in Frankreich und Deutſchland ſich der Réaumurſchen, in England den Fahrenheitſchen bediente, bis die Einführung des metriſchen Syſtems in Frankreich der hunderttheiligen den gebührenden Vorzug verſchaffte, welche daher auch jetzt ſehr allgemein gebraucht wird, und allein die herrſchende zu werden verdient.

Eine genaue Anweiſung zur Verfertigung, Prüfung und zum Gebrauch der Thermometer hat Baumgartner gegeben *).

Bei der Verfertigung eines Queckſilberthermometers hat man zuerſt die Glasröhre recht zu wählen und bei dieſer Wahl auf die Beſchaffenheit des Glaſes und auf die Dimenſionen der Röhre Rückſicht zu nehmen. Die Künſtler lieben zwar in der Regel Röhren aus weichem Glaſe, das man aus der grünlichen ins Blaue ſpielenden Farbe erkennt, weil es ſich leichter im Feuer erweichen läßt; allein dieſes hat die nachtheilige Eigenſchaft, entweder ſchon beim Auskochen des Queckſilbers, oder doch mit der Zeit in der gewöhnlichen Temperatur, eine Art Zerſetzung zu erleiden, ſo, daß ſich das Queckſilber daran hängt und ihm die Durchſichtigkeit benimmt. Deßhalb ſoll man ſich lieber an das weiße, wenn auch härtere Glas, halten. Die Glasdicke iſt wohl im Allgemeinen gleichgiltig, nur verunglücken dicke Röhre beim Auskochen leichter als dünne, ſind aber in manchem Falle, z. B. wenn man die Scale gleich auf die Röhre verzeichnen will, bequemer als die mit dünnen Wänden. Die Größe der Oeffnung wählt man nach der Empfindlichkeit, welche das werdende Inſtrument haben ſoll. Eine weite Röhre gibt immer ein faules Thermometer, weil ſie zu viel Queckſilber enthalten muß, wenn die Grade auch nur eine mäßige Größe bekommen ſollen. **) Bei engen Röhren iſt zwar der Stand der Queckſilberſäule ſchwerer zu erkennen, allein ein geübtes Auge weiß ſich auch bei der feinſten Röhre zurecht zu finden, beſonders wenn man das Inſtrument ſo ſtellt, daß der Hintergrund gegen das Queckſilber ſtark abſticht. Auch kann man recht empfindliche Thermometer bekommen, an denen die Queckſilberſäule ſelbſt für ein minder geübtes Auge leicht erkennbar iſt, wenn man eine Röhre wählt, deren Oeffnung einen Cylinder mit ovaler Baſis vorſtellt, und die in einem auf ihre Axe ſenkrechten Quer-

*) Baumgartners Naturlehre. Supplementband. Wien 1831.

**) Offenbar wird der Fundamentalabſtand je nach der Größe des unteren Queckſilbergefäßes und der Weite der Röhre verſchieden ausfallen, und demgemäß werden bei den verſchiedenen Inſtrumenten auch die Grade verſchiedene Größe haben.

ſchnitt ausſieht, wie Fig. 338. zeigt. Steht das Auge in der Richtung der kleinen Axe der Oeffnung, ſo hat es die Queckſilberſäule nach ihrer breiteren Seite vor ſich, die ſelbſt bei einer ſehr geringen Capacität der Röhre bedeutend ſein kann. Das Röhrenſtück, welches man zu einem Thermometer wählt, muß gerade ſein, weil man ſonſt die Scale nach der Röhre krümmen müßte, welches nicht ohne Schwierigkeit geſchehen, und der Richtigkeit des Inſtruments Abbruch thun könnte. Am wichtigſten iſt es aber, daß dieſe Röhre allenthalben dieſelbe Weite und daſſelbe Caliber habe. Röhren, welche von Außen coniſch zulaufen, ſind auch inwendig nicht gleich weit, dieſe erkennt man daher leicht als unbrauchbar; allein ſelbſt ſolche, an denen man von Außen keine Abweichung von der Cylinderform erkennt, haben im Innern nicht immer durchaus dieſelbe Weite. Um zu erkennen, ob eine Röhre inwendig durchaus gleich weit ſei oder nicht, bringt man eine kleine Queckſilberſäule hinein, ſchiebt ſie durch Neigen der Röhre, oder falls dieſe zu eng iſt, durch Aufſtoßen auf eine Unterlage von einem Ende zum andern, und mißt von Stelle zu Stelle ihre Länge. Findet man dieſe unveränderlich, ſo iſt die Oeffnung der Röhre cylindriſch, wo nicht, ſo hat ſie eine andere Geſtalt. Je länger dieſe Queckſilberſäule iſt, deſto merklicher wird jede kleine Abweichung von der cylindriſchen Geſtalt ihrer Oeffnung, allein deſto leichter überſieht man nahe an einander liegende Abwechſelungen im Durchmeſſer, deren es oft ſehr viele gibt. Man ſoll daher, wenn man es recht genau nehmen will, jede Röhre, die man mit einer (2—3 Zoll) langen Queckſilberſäule als cylindriſch befunden hat, noch einmal mit einer kurzen (etwa 1 Zoll langen) Säule prüfen. Bei dieſer Arbeit kommt es ſehr darauf an, daß man die Queckſilberſäule ohne Saugen in die Röhre bringe; denn durch das Saugen kommt immer etwas Feuchtigkeit hinein, welche die feineren Arbeiten erſchwert und oft das Inſtrument unbrauchbar macht. Man verfährt am beſten, wenn man die offene Röhre (3—6 Zoll) tief in reines Queckſilber taucht, hierauf das hervorſtehende Ende mit einem Finger ſchließt und ſie herauszieht, in welchem Falle ſie gewiß eine hinreichend lange Queckſilberſäule enthalten wird, die man vor der Calibrirung noch nach Belieben durch Herauslaſſen eines Theiles der Flüſſigkeit bis zur rechten Länge verkürzen kann. Das Meſſen der Queckſilberſäule an verſchiedenen Stellen der Röhre verrichtet man mit einem Zirkel, oder genauer mittels einer feinen ſchwarzen Scale, die auf einem Streifen Papier oder Elfenbein verzeichnet iſt. An die wohlcalibrirte Röhre wird nun eine Kugel angeblaſen oder ein Cylinder angeſchmolzen. Die Größe beider richtet ſich nach dem inneren Durchmeſſer der Röhre und nach der Größe der Grade, die das Inſtrument erhalten ſoll. Künſtler, welche viele Thermometer verfertigen, haben ſchon eine hinreichende Fertigkeit, um alle Kugeln nahe gleich dick zu machen, ſie brauchen daher auch nur auf ihre äußere Abmeſſung zu ſehen. Um dieſe von rechter Größe zu bekommen, haben ſie an einem dünnen Bret eine Reihe runder Löcher von verſchiedener Größe, die ſie als Lehre brauchen, indem ſie die Kugel ſo groß machen, daß ſie gerade noch durch eines dieſer Löcher geht, von welchem ſie aus Erfahrung wiſſen, daß es

bei einem gewiſſen Durchmeſſer der Röhre Grade von beſtimmter Größe gibt. Man kann dieſe Größe der Kugel auch durch Rechnung beſtimmen. Allein nicht die Rechnung, ſondern die Verfertigung der Kugel, wie ſie die Rechnung gibt, iſt die eigentliche Aufgabe. Selten nimmt man zu dieſem Mittel die Zuflucht, weil auch ſelten die Größe der Grade ſo genau vorgeſchrieben iſt. Für ſolche Thermometer, die man zur Beſtimmung der mittleren Temperatur einer Flüſſigkeit braucht, welche in verſchiedenen horizontalen Schichten auch verſchiedene Temperaturen hat, oder bei denen die Kugel gar zu groß ausfiele, wählt man ein cylindriſches Gefäß, daß von einer dünnen Glasröhre abgeſchnitten und dann an die Thermometerröhre angeſchmolzen wird. Beide Glasſtücke müſſen einerlei Miſchung haben, wenn ſie beim Auskühlen nicht wieder auseinander gehen ſollen. Man muß bei Cylinderthermometern ſtets auf große Empfindlichkeit verzichten, weil der Cylinder ſtets dickere Wände hat, als eine Kugel. Man mag nun das Thermometer mit einem kugelförmigen oder cylindriſchen Gefäße verſehen, ſo iſt es nöthig, Luft in die Röhre zu treiben, ja eine Kugel wird einzig nur durch Luft aufgetrieben; bei einem Cylinder verhütet man durch Einblaſen von Luft das Zuſammenſinken der Röhre dort, wo der Cylinder daran ſtößt. In keinem Falle ſoll die Luft mit dem Munde hinein geblaſen werden, weil es ſehr ſchwer hält, die Feuchtigkeit, welche dadurch in die Röhre kommt, wieder zu vertreiben, und eine enge Röhre durch eine kleine Waſſerſäule bald völlig geſperrt wird. Nicht viel beſſer iſt es, jene Künſtler nachzuahmen, die eine Schweinsblaſe am Halſe mit einem Glasrohr verſehen, ſie mit dem Munde aufblaſen, hierauf die Thermometerröhre daran kitten, und durch Drücken der Blaſe Luft in die Röhre treiben, weil auch dieſe ſtets feucht iſt. Am zweckmäßigſten wendet man eine kleine weiche Blaſe aus Cautſchouc an, um deren Hals man eine Glasröhre feſt anbindet, die ſo weit iſt, daß ſie jede Thermometerröhre leicht aufnehmen kann. Gut iſt es, wenn die Röhre am hervorſtehenden Ende eine kleine trichterförmige Erweiterung hat, wie Fig. 339. zeigt. Eine ſolche Blaſe dehnt ſich nach jedem Drucke von ſelbſt wieder völlig aus und ſchöpfet ſo die Luft unmittelbar aus der Atmoſphäre. Wickelt man um die Thermometerröhre, welche die Kugel bekommen ſoll, weiche Papierſtreifen, bis ſie nur ſchwer in die Röhre an der Blaſe geſchoben werden kann, hält hierauf das andere Ende der Röhre in eine gute Stichflamme, ſo erzeugt ein mäßiger Druck auf die Blaſe ſchon eine ziemlich große Kugel. **Körner** empfiehlt zu demſelben Zwecke eine kleine Spritze, in deren Mündung die Glasröhre luftdicht eingekittet wird, und aus welcher man mittels des Kolbens Luft in die Röhre treibt. Indeß iſt die Anwendung der Cautſchoucblaſe leichter. Zum **Füllen** des Thermometers muß vor allem reines Queckſilber vorbereitet ſein. Als rein kann man es anſehen, wenn es ſich nicht an das Glas anhängt und nach etwa dreimaligem Durchlaufen durch einen engen Trichter aus geleimtem, ſcharf abgeſchnittenen Papier, keine Unreinigkeit mehr an demſelben zurück läßt. Reines Queckſilber erhält ſich auch an der Luft lange mit blanker Oberfläche, unreines wird ſehr bald matt und überzieht ſich mit einem Oxydhäutchen. Wird es bei dieſer Probe als

unrein erkannt, ſo muß es gereinigt werden, bevor man es zum Füllen eines Thermometers braucht. *)

Hat man reines Queckſilber bei der Hand, ſo ſteckt man auf die Thermometerröhre, nachdem ſie am offenen Ende mit etwas Papier umwunden worden iſt, einen reinen gläſernen Trichter, ſchüttet Queckſilber hinein, hält die Kugel über glühende Kohlen oder über eine Weingeiſtflamme (weil dieſe die Kugel nicht berußt), treibt ſo einen Theil Luft heraus und zieht ſie zurück, damit ein Theil Queckſilber durch den äußeren Luftdruck in die Kugel getrieben werde. Dieſes Queckſilber bringt man durch abermaliges Annähern an die Flamme zum kochen, damit die Luft gänzlich ausgetrieben und die ganze Kugel, nachdem ſie vom Feuer entfernt worden, mit Queckſilber gefüllt werde. So lange das hineinfallende Queckſilber nicht bis zum letzten Augenblick an das Glas ſchlägt, als wenn Metall an Metall ſtieße, iſt noch eine Luftblaſe in der Kugel, und zwar gewöhnlich am Halſe derſelben; man ſieht ſie aber oft nicht. In dieſem Fall muß das Kochen des Queckſilbers erneuert werden. Nicht ſelten geſchieht es, daß die Luftblaſe, die vertrieben werden ſoll, beim Erhitzen des Queckſilbers zwar mit dieſem in den Trichter gelangt, aber es auch wieder beim Zurückkehren begleitet. In dieſem Falle hilft oft eine kleine Erſchütterung, die zur Zeit, wo die Luft im Trichter iſt, an demſelben angebracht wird, oder ein reiner Eiſendraht, den man in den Trichter ſteckt, bevor man die Luftblaſe hinauftreibt und ihn herauszieht, ſobald man glaubt, dieſelbe ſei in ſeiner Nähe. Uebrigens hat man beim Geſchäft des Füllens vorzüglich zwei Punkte zu berückſichtigen, 1) ſoll man es immer an einem warmen Orte vornehmen, damit das in den Trichter hinaufgetriebene Queckſilber nicht ſo ſchnell auskühle und beim Zurückkehren in die Kugel nicht die Röhre durch zu ſchnelles Erkalten in Stücke gehe; 2) ſoll man ſtets ſo viel Queckſilber im Trichter zu erhalten ſuchen, daß nie die letzten Tropfen in die Röhre kommen; denn dieſe befanden ſich an der Oberfläche, wo ſich ſtets etwas Staub anhäuft und würden denſelben in die Röhre mitnehmen und ſie ſo verunreinigen. Iſt die Röhre mit Queckſilber gefüllt, ſo ſtellt man ſie zur Seite, ohne den Trichter abzunehmen, damit beim Auskühlen des Queckſilbers immer noch neues von oben nachrücken könne und die Röhre, ſelbſt bei der gewöhnlichen Temperatur, voll davon ſei. — Nach dieſem Verfahren enthält höchſtens nur die Kugel gut gekochtes, ganz luftleeres Queckſilber, das in der Röhre hingegen iſt noch nicht gekocht. Bei ſehr genauen Inſtrumenten, ſoll auch dieſes luftleer ſein. Um dieſes zu bewirken, faßt man die Kugel oder den Cylinder mit einer hölzernen Zange, hält ſie damit feſt und bewegt die Röhre über glühende Kohlen ſo lange hin und her, bis das Queckſilber beinahe die Siedhitze erlangt hat. Dabei wird man finden, daß ſich oft namhafte Luftblaſen zeigen und nach und nach herausgehen. Meiſtens entfernt ſich mit ihnen auch etwas Queckſilber, das man nach der Hand wieder nachfüllen muß, wenn es nothwendig ſein ſollte. Wie-

---

*) Ueber die Reinigung des Queckſilbers ſ. d. Art. Barometer, S. 143.

wohl dieſes nicht gekochtes Queckſilber iſt, ſo iſt doch der Zweck erreicht, weil durch das Erhitzen der Röhre die Luft vertrieben iſt, die ſo ſtark an den Glaswänden haftet. Nach dieſem Geſchäfte wird die Queckſilbermenge beſtimmt, welche das Inſtrument erhalten darf, um noch den höchſten Grad, bis zu dem die Scale reichen ſoll, an demſelben anbringen zu können. Zu dieſem Behufe wird die bereits abgekühlte Röhre wieder zur Hand genommen, der Trichter entfernt und die Kugel oder der Cylinder des Thermometers in eine Temperatur gebracht, welche dem höchſten Punkt der Scale dieſes Inſtruments entſpricht und in dieſer ſo lange gelaſſen, bis kein Queckſilber mehr aus der Röhre herausgetrieben wird. Gewöhnliche Thermometer, deren Scale nur bis zum Siedpunkte des Waſſers reicht, werden in ſiedendes Waſſer getaucht. Weil aber nach dieſer Behandlung der höchſte Punkt der Scale an das Ende der Röhre zu ſtehen käme, ſo muß man nachher noch einige Queckſilbertropfen durch Erhitzen heraustreiben. — Auf dieſe Operation folgt das **Luftleermachen** und Schließen der Röhre, wenn man übrigens geneigt iſt, ein luftleeres Thermometer zu verfertigen. Zu dieſem Zwecke zieht man die Röhre am offnen Ende in eine ſehr feine Spitze aus, bedient ſich nebſt der zum Erweichen des Glaſes beſtimmten Stichflamme noch einer kleinen Weingeiſtflamme, hält dieſe an das Thermometergefäß, bis das Queckſilber die äußerſte Spitze erreicht hat. In dem Augenblick, wo dieſes Statt findet, entfernt man die Weingeiſtflamme und fährt mit der Spitze der Röhre in die Stichflamme, die alſogleich die Röhre ſchließt, und falls man ſie länger darein hält, auch das ganze ausgezogene Röhrchen in eine kleine Kugel zuſammenlaufen macht. Man hat bei dieſer Arbeit vorzüglich darauf zu ſehen, daß ja beim Ausziehen der Röhre die Oeffnung nicht verloren gehe. Enge Röhren ſchmelzen leicht ganz zu, wenn man ſie ins Feuer bringt, um ſie in eine feine Spitze auszuziehen und werden dann durch die Ausdehnung des Queckſilbers zerriſſen. Man beugt dieſem Uebel leicht vor, wenn man die Röhre nicht eher in eine Spitze auszieht, als bis ſie oben geſchloſſen iſt; allein dann muß man nachher von dieſer Spitze ein kleines Stückchen abbrechen, um wieder eine Oeffnung zu bekommen.

Die Beſtimmung des **Fundamentalabſtandes** oder des Eis- und Siedpunktes geſchieht, wie folgt. Den Eispunkt beſtimmt man entweder mittels Eis oder Schnee. Letzterer verdient vor erſterem den Vorzug, iſt aber nicht immer zu haben. Iſt man genöthigt Eis zu wählen, ſo muß man es durch Zerſtoßen der Schneeform näher bringen und dadurch brauchbar machen. Aber ſowohl Schnee als Eis haben nur in dem Zuſtande eine conſtante, mithin zur Beſtimmung des Eispunktes brauchbare Temperatur, wo ſie anfangen zu ſchmelzen, und zwar bis zu dem Zeitpunkt, wo ſie mit Waſſer durchzogen ſind. In einem Zimmer, deſſen Temperatur nur 5—6° über dem Eispunkte liegt, braucht es eine geraume Zeit, bis der Schnee oder das Eis die genannte Umwandlung erlitten hat und man kann innerhalb derſelben leicht mehre Thermometer beſtimmen; bei einer höheren Temperatur geht dieſes ſchneller vor ſich. Die Natur des Gefäßes, die Eis- oder Schneemaſſe, der Barometerſtand, die Temperatur des Arbeitsortes haben auf

den Eispunkt keinen Einfluß. Bei der Beſtimmung des Eispunktes hängt man nun das Thermometer in Schnee oder Eis und läßt es ſo lange darin, bis ſich die Queckſilberſäule nicht mehr ändert und der Schnee die zur beabſichtigten Wirkung geeignete Beſchaffenheit hat. Sobald ſeine Schmelzung bis zur Thermometerkugel vorgerückt iſt, welches man am leichteſten aus dem Durchſcheinendwerden der Eiskörner in der Nähe derſelben erkennt, muß die Beobachtung eingeſtellt werden. — Bei der Beſtimmung des Siedpunktes hat man alle Umſtände zu berückſichtigen, die auf ihn Einfluß haben, nämlich die Reinheit des Waſſers, den Luftdruck, die Natur des Gefäßes und die Tiefe der ſiedenden Waſſerſchichten unter der Oberfläche, wo ſich die Kugel befindet. Baumgartner bemerkt, er bediene ſich mit Vortheil eines Gefäßes, von der Geſtalt (Fig. 340.). A iſt ein blecherner Tiegel, B eine Röhre, die mit der Axe des Tiegels einen etwas ſtumpfen Winkel bildet. Füllt man, nachdem das Thermometer in A mit der Kugel und in B mit der Röhre gelegt und in letzterer mittels eines Korkſtöpſels C luftdicht befeſtigt worden iſt, ſo viel deſtillirtes Waſſer nach A, daß etwas mehr als die halbe Kugel des Thermometers darin getaucht iſt, ſo iſt alles am rechten Platze, indem immer ungefähr die eine Hälfte der Kugel im kochenden Waſſer, die andere in Waſſerdampf getaucht iſt, ſie mag groß oder klein ſein und der ganze übrige Theil der Röhre, beinahe ſo weit das Queckſilber reicht, von Dämpfen umgeben iſt, die erſt gegen das Ende der Röhre B durch einen verticalen, röhrenförmigen Anſatz ihren Ausgang finden. Uebrigens findet man durch eine einzige Beobachtung die Lage des Siedpunktes nie ſcharf genug. Es iſt dazu eine Reihe ſolcher ſchnell hinter einander folgenden Beobachtungen nöthig, aus denen, wenn ſie eine Verſchiedenheit im Reſultate geben, das Mittel genommen werden muß. Man braucht daſſelbe Gefäß, womit man den Siedpunkt beſtimmt, auch mit Vortheil zur Beſtimmung des Eispunktes und hat da nicht zu beſorgen, daß er zu hoch zu ſtehen komme, wie es bei dem gewöhnlichen Verfahren geſchieht, wo ſtets ein Theil der Queckſilberſäule ſich außerhalb des Eiſes befindet und daher eine zu hohe Temperatur hat. Es iſt klar, daß man, falls obiges Gefäß auch zu dieſem Zwecke gebraucht wird, nicht blos den Tiegel A, ſondern auch die Röhre B mit klein zerſtoßenem Eis anfüllen muß. — Man thut übrigens gut, wenn man zuerſt den Siedpunkt und hierauf, aber ſogleich, den Eispunkt beſtimmt, und jeden vorläufig mit etwas Tuſche oder mit in Weingeiſt aufgelöſtem Siegellack anmerkt. Die Bezeichnung mittels eines feinen Fadens, wie ſie gewöhnlich zu geſchehen pflegt, iſt nicht anzurathen, theils weil der Faden leicht verſchoben wird, theils weil er bei dem Hin- und Herſchieben, das er erleiden muß, bis er an den rechten Platze kommt, leicht eine gegen die Axe der Röhre ſchiefe Lage erhält und daher Irrthum veranlaßt, theils weil er wegen ſeiner ſelten ganz gleichförmigen Dicke keine ſcharfe Beſtimmung eines Punktes geſtattet. Manche Künſtler merken die Fundamentalpunkte mittels eines Feilſtriches an. Allein ſo ſehr man auch dadurch gegen eine etwaige Verrückung geſichert iſt, ſo iſt dieſe Methode doch bei Thermometern nicht anzurathen, die einem ſtarken Wechſel der Temperatur ſchnell aus-

geſetzt werden müſſen, weil ſie an den ſo bezeichneten Stellen leicht abſpringen. Bei Inſtrumenten, welche zu ſehr genauen Unterſuchungen tauglich ſein ſollen, geben aber alle dieſe Mittel keine hinreichende Genauigkeit. Da iſt es unerläßlich an der Thermometerröhre, eine in ſehr kleine, übrigens in beliebige Theile abgetheilte Silberſcale vorläufig zu befeſtigen und an ihr den Stand des Queckſilbers ſowohl bei der Beſtimmung des Sied- als des Eispunktes abzuleſen und anzumerken. — Man hat in neuerer Zeit vielfach den Punkt beſprochen, ob ein luftleeres Thermometer nicht durch den äußeren Luftdruck eine Aenderung der inneren Capacität erleide, wodurch die Fundamentalpunkte verrückt und die Anzeige ſolcher Inſtrumente unrichtig würden. Bellani hat zuerſt gefunden, daß der möglichſt genau beſtimmte Eispunkt nach etwa einem Jahre dem Siedpunkte näher gerückt erſcheine und glaubte die Urſache dieſer Erſcheinung in der gewaltſamen Ausdehnung des Glaſes zu finden, die es beim Füllen des Thermometers erleidet, welche Ausdehnung ſich erſt nach Langem wieder verliert und das natürliche Volumen zurückkehren läßt.

Flaugergues fand aber, daß nur luftleere und geſchloſſene Inſtrumente dieſer Veränderung unterliegen, woraus zugleich folgt, daß Bellani's Anſicht irrig ſei. Mehre deutſche und franzöſiſche Phyſiker, wie Yelin, Marcet uud La Rive, haben daſſelbe gefunden. Neueſtens hat R. von Bürg an den von ihm ſelbſt mit beſonderer Sorgfalt verfertigten, ungemein empfindlichen Thermometern die Eispunkte, welche vor 10 bis 12 Jahren beſtimmt worden waren, unterſucht, und ſie ohne Ausnahme um $\frac{1^\circ}{4}$ bis $\frac{1^\circ}{3}$ Réaumur zu hoch gefunden, bis auf ein Inſtrument, das nicht luftleer war, an welchem auch der Eispunkt am rechten Platze ſich befand. Die Urſache dieſer Verrückung des Eispunktes liegt alſo ohne Zweifel darin, daß durch den äußeren Luftdruck die Capacität der Kugel vermindert wird. Anfangs wirkt dieſem die Elaſticität des Glaſes entgegen, allein mit der Zeit vermindert ſich dieſe Kraft und die Wirkung des Luftdruckes tritt ſichtbar ein. Darum ſoll man genaue Thermometer entweder gar nicht luftleer machen, oder ihren Eispunkt von Zeit zu Zeit wieder beſtimmen. Da ſich in offenen Thermometern das Queckſilber leicht oxidirt, oder von Staub verunreinigt wird, ja ein ſolches bei weitem nicht ſo leicht ohne Schaden transportirt werden kann, als ein geſchloſſenes; ſo iſt es immer räthlicher, das zweite Mittel zu wählen und es insbeſondere vor jeder genauen Unterſuchung, die man mittels des Thermometers anſtellen will, anzuwenden. Egen hat bei einer ſehr genauen Unterſuchung über Thermometer noch eine andere Verrückung des Eispunktes entdeckt, welche eintritt, ſo oft man das Inſtrument ſtark erhitzt und die in einer Depreſſion des Eispunktes beſteht, mithin bei der Beſtimmung des Siedpunktes ſtets eintritt. Dieſe Verrückung iſt bei verſchiedenen Inſtrumenten und einerlei Erhitzung verſchieden, ſie betrug bei Egen's Verſuchen im Maximo 0°,203, im Minimo 0°,007. Oftmaliges, ſchnell hinter einander erfolgendes Erhitzen wirkt auch ſtärker als einmaliges, jedoch beträgt die Verrückung bei jeder folgenden Erhitzung immer weniger.

Längere oder kürzere Dauer der Erwärmung macht keinen Unterſchied in dieſer Wirkung, bei langſamen Erkalten iſt die Verrückung des Eispunktes ſehr gering. Auf dieſe Verrückung muß man bei der Beſtimmung des Siedpunktes ſtets Rückſicht nehmen.

Nach Beſtimmung des Fundamentalabſtandes kommt die Reihe an die Verfertigung und Theilung der Scalen. Zur letzteren Arbeit bedient man ſich meiſtens einer Theilmaſchine. Wiewohl es deren ſehr viele giebt, ſo dürfte doch wohl keine bequemer ſeyn, und ſchneller eine ſo richtige Abtheilung bewirken, als die in Fig. 341. abgebildete. AB iſt ein zwei Fuß langes, zwei Zoll breites und etwa ein halb Zoll dickes vierkantiges Bret, wie ein Lineal, das zu beiden Seiten links und rechts Meſſingplatten hat. Auf einer Seite befinden ſich Schrauben a und b, um ein meſſingenes Lineal, das eine in beliebige, aber gleich große Theile getheilte Scale trägt und das man auf AB legt und an den hervorſtehenden Rand cd anſtemmt, feſtklemmen zu können. Die genannte Scale iſt gleichſam der Etalon, nach welchem alle anderen getheilt werden und es iſt gut, deren mehre mit größeren und kleineren Abtheilungen in Bereitſchaft zu haben. In B iſt AB mittels eines Charniers mit einem anderen Lineale BC verbunden. Der Winkel ABC läßt ſich vergrößern und verkleinern und in jeder Größe mittels des Bogens D unverändert erhalten, welcher Bogen mit AB feſt vereinigt iſt, auf dem BC ſich verſchieben läßt und der mittels einer an der unteren Seite von BC angebrachten Stellſchraube befeſtigt werden kann. Beide Lineale ruhen auf drei etwa zwei Zoll hohen Füßchen. Außer den bereits genannten Stücken gehört zu dieſem Theilapparate auch noch eine Art Winkelhaken EFG mit veränderlichem Winkel. Der Schenkel EF hat an der unteren Fläche der Länge nach einen Einſchnitt, in welchen der hervorragende Rand cd des Stückes AB genau paßt, und in welchem EF längſt AB verſchoben werden kann, ohne eine Seitenbewegung annehmen zu können, dann ein hervorſtehendes Plättchen H mit einer feinen auf EF ſenkrechten Linie. Das Lineal G muß wenigſtens 30 Z. lang ſein, es ragt daher weit über BC hinaus, wenn EF auf cd gelegt iſt. Damit es ſich nicht biege, hat es am Ende einen kleinen Fuß mit einer leicht beweglichen Frictionsrolle. Will man nun mit dieſem Inſtrumente eine Thermometerſcale theilen, ſo befeſtige man das Scalen-Material mit bezeichneten Fundamentalpunkten auf BC, lege EF auf AB ſo, daß die Fuge auf den Rand cd paſſet und ändere den Winkel, welchen IG mit CF macht, ſo, daß IG auf CB ſenkrecht ſteht, verſchiebe CF, bis IG dem einen Fundamentalpunkt der Scale entſpricht, lege eine Hilfsſcale auf AB ſo, daß ihr 0ter Theilſtrich mit der Linie H zuſammenfällt und klemme ſie dann mittels der Schrauben ab feſt. Hierauf verſchiebe man EF, bis IG den zweiten Fundamentalpunkt abſchneidet und ſehe, welcher Punkt der Hilfsſcale der Linie H entſpricht. Trifft es ſich, daß dieſer gerade der 80ſte, oder 100ſte oder mte Theilſtrich iſt, ſo iſt alles in Ordnung, falls man den Fundamentalabſtand in 80, 100 oder m Theile theilen will. Man braucht dann nur EF um ſo viel weiter zu rücken, daß H von Theilſtrich zu Theilſtrich geht und bei jedem Stande, wo H ei-

nem Striche der Hilfsſcale entſpricht, mittels eines Inſtrumentes auf der abzutheilenden Scale längſt IG einen Theilſtrich zu ziehen. Findet aber obige Uebereinſtimmung nicht Statt, ſo muß man den Winkel ABC ſo lange ändern und immer wieder IG ſenkrecht auf CB ſtellen, bis ſie erreicht iſt. Ein etwas geübter Künſtler vollendet dieſe Arbeit nebſt der Theilung, bei einem gewöhnlichen Thermometer in weniger als einer Stunde.

Das hier angegebene Verfahren ſetzt voraus, daß der Siedpunkt durch eine Reihe von Beobachtungen beſtimmt worden iſt, bei denen der Normalluftdruck Statt gefunden hat, als welchen man am zweckmäßigſten nach Egens Vorſchlag und der Beſtimmung mehrer achtbaren Gelehrten 0,76 Meter nimmt. Herrſcht bei der Beſtimmung dieſes Punktes ein anderer Luftdruck, ſo muß man den Fundamentalabſtand vor der wirklichen Theilung corrigiren. Bei Thermometern, die keine beſondere Genauigkeit haben dürfen, geſchieht dieſes dadurch, daß man den Fundamentalabſtand für jeden Millimeter, um welchen das Barometer über 0,76 M ſteht, um 0,000352 vermindert, oder wenn er ſich darunter befindet, vermehrt. Soll eine große Schärfe erlangt werden, ſo muß man bei jedem Thermometer die Verrückung des Siedpunktes, die eine beſtimmte Aenderung des Luftdruckes erzeugt, dadurch beſtimmen, daß man die Lage des Siedpunktes durch mehre bei verſchiedenem Luftdrucke ſtatthabende Beobachtungsreihen ausmittelt. Hat man dieſe Veränderung gefunden, ſo kann man die deßhalb nothwendige Correction des Fundamentalſtandes mit derſelben Theilmaſchine anbringen, von welcher vorhin die Rede war. Man verfährt nämlich mit dem unmittelbar gefundenen Fundamentalabſtande ſo, als wollte man ihn in 100 gleiche Theile theilen, und findet ſo $\frac{1}{100}$ deſſelben. Dieſe Größe theilt man mittels des Augenmaßes oder mittels eines Zirkels leicht in ſo viele Theile, als die Correction fordert, und beſtimmt ſo das Stück dieſes Abſtandes, um das er vergrößert oder verkleinert werden muß. Hat man den corrigirten Siedpunkt gefunden, ſo beginnt man das Geſchäft der Theilung von Neuem, wie vorhin gelehrt wurde. Wie die Scale weiter ausgefertigt und mit dem Inſtrumente zu einem Ganzen verbunden wird, ſieht ohnehin Jedermann leicht ein. Es iſt darum gar nicht nöthig mehr darüber zu ſagen. Die bisher beſprochene Weiſe, Thermometer zu verfertigen, ſetzt Röhren voraus, welche der ganzen Länge nach gleich weit ſind; man iſt aber manchmal gezwungen, ungleich weite Röhren zu Thermometern zu verwenden, und muß deßhalb einige Punkte im bisher angegebenen Verfahren abändern und ſich einer ziemlich mühſamen Arbeit unterziehen, für die man aber dadurch reichlich belohnt wird, daß man beſonders gute Inſtrumente erhält. Dieſe Arbeit beſteht in der Beſtimmung der Länge ſolcher Röhrenſtücke, die bei ungleicher Weite doch ein gleiches inneres Volumen haben und wird nach der von Gay-Luſſac zuerſt angegebenen, von Körner vereinfachten Methode folgender Maßen vollzogen: Man verfertige ſich einen Maßſtab AB (Fig. 342.), der in beliebige aber gleich große Theile getheilt iſt und einen Nonius hat, der noch Theile von etwa $\frac{1}{1000}$ Z. genau mißt, befeſtige ihn an ein Bret und bringe daneben die Glasröhre CD

an, deren innerer Raum in Theile von gleichem Inhalte getheilt werden ſoll. An dieſe Röhre wird eine kleine Pumpe E luftdicht befeſtigt, die mit einem Wechſelhahne C verſehen iſt. Man bringe durch Zurückziehen des Kolbens der Pumpe eine Queckſilberſäule ab in die Röhre, deren Länge ſo gering iſt, daß man ſie für cylindriſch halten kann, bezeichne das Ende a derſelben mit einem feinen Feilenſtriche oder auf irgend eine andere Weiſe, meſſe ab ſehr genau mittels des Nonius und verzeichne dieſe Länge in einem eigenen Regiſter. Hierauf ziehe man den Pumpenkolben von Neuem zurück, damit die Queckſilberſäule genau um ihre ganze Länge fortrücke und der Punkt a nach b falle. Geſetzt, ſie habe hier die Länge bc die von ab verſchieden ſein kann. Man meſſe nun bc, notire den gefundenen Werth, verſchiebe den Pumpenkolben von Neuem, damit das Queckſilber von bc in die Lage cd verſetzt werde, meſſe cd wieder und fahre ſo fort, bis die Säule durch ein Röhrenſtück getrieben worden iſt, deſſen Länge dem zu verfertigenden Thermometer gleich iſt. Kommt man in der Zwiſchenzeit mit dem Kolben ans Ende, ſo dreht man den Wechſelhahn, damit die in der Pumpe enthaltene Luft mit der äußeren communicire, drückt den Kolben hinab, damit die Luft ausgetrieben werde und ſtellt wieder die erſte Communication her. Iſt dieſe Operation durch die ganze Röhre vollzogen, ſo bläſt man die Kugel an die Röhre ſo, daß a nahe an ihr liegt, füllt ſie u. ſ. w., beſtimmt den Eis- und Siedpunkt und merkt jeden derſelben an der Röhre an. Hierauf zeichnet man eine Scale genau ſo, daß ihre Theilſtriche mit dem früher an der Röhre beſtimmten Punkten a, b, c, d u. ſ. w. zuſammenfallen, bezeichnet a mit 0, die folgenden aber mit den natürlichen Zahlen 1, 2, 3 u. ſ. w., ohne auf den Eis- oder Siedpunkt Rückſicht zu nehmen, und bringt dieſe Scale an der Röhre gehörig an. Kommen die Theilſtriche weit genug von einander zu ſtehen, ſo kann man jeden Grad in mehre gleiche Theile theilen, und allenfalls jeden ſolchen Theil als Ganzes gelten laſſen, ſo daß, wenn z. B. ab in fünf Theile getheilt würde, zu b die Zahl 5 zu ſtehen käme. Man ſieht leicht ein, daß man auf dieſe Weiſe den Fundamentalabſtand nicht nach einer der bekannten Scalen abgetheilt erhält, ſondern daß dieſes eine ganz beſondere Scale iſt, die man erſt auf die Celſiſche, Réaumurſche u. ſ. w. reduciren muß. Die Reduction wird wie jede andere vollzogen. Man ſieht nämlich, wie viele Grade der künſtlichen Scale zwiſchen den Eis- und Siedpunkt fallen, wobei natürlich auch Bruchtheile von Graden vorkommen und vergleicht ſie mit der Anzahl Grade, die von einer der gewöhnlichen Scalen in den Fundamentalabſtand fallen. Hat man z. B. an der künſtlichen Scale zwiſchen dem Eis- und Siedpunkte N Grade, ſo entſprechen n ſolche Grade $\frac{100\ n}{N}$ der Celſiſchen Scale. Es iſt klar, daß man ſich die Grade ſolcher Scalen ein für alle Mal berechnen und wohl auch die Scale ſo bezeichnen kann, daß keine weitere Reduction mehr nöthig iſt. Baumgartner bemerkt noch, er kürze ſich dieſe ganze Arbeit bedeutend ab, indem er ſtatt des vorhinerwähnten Körnerſchen Apparats den im Art. Maß S. 632. beſchriebenen Comparator anwendet, wobei die an deſ-

ſen Nonius angebrachte Loupe beſonders gute Dienſte leiſtet. Bringt man längſt des Maßſtabes die Röhre mit der Pumpe an, und neben dieſer die zur Scale beſtimmte Meſſingſchiene oder den Papierſtreifen, ſo kann man alſogleich, ſo wie der Faden der Loupe dem Endpunkte der Queckſilberſäule entſpricht, mit dem Reißer auf der Schiene oder dem Papier eine Linie ziehen und ſo unter einem die Scale verzeichnen, ohne die Länge der Queckſilberſäule an verſchiedenen Stellen am Maßſtabe abzuleſen. *)

---

*) Rudberg und Svanberg haben ſich folgender Methode zur Beſtimmung des ungleichen Kalibers der Röhren bedient. Dieſe Methode zur Kalibrirung der Röhre eignet ſich gleich gut auf enge und weite Röhren. Sie ſetzt nichts weiter voraus, als die Möglichkeit, in der Röhre Queckſilberſäulen von verſchiedener Länge hin und her zu führen, welche, wenn man den Raum zwiſchen dem Sied- und Froſtpunkt zur Einheit nimmt, ihren Volumen nach in einer der beiden folgenden Reihen enthalten ſind: $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{5}{12}$, $\frac{9}{24}$, $\frac{17}{48}$, u. ſ. w. $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{3}{8}$, $\frac{5}{16}$, $\frac{9}{32}$, u. ſ. w. — Man ſieht dann leicht ein, daß die Einheit des Volumens nach einander entweder in 2, 3, 6, 12, 48 u. ſ. w. oder in 2, 4, 8, 16, 32 u. ſ. w. gleiche Theile getheilt werden kann. Wählt man z. B. die erſtere Reihe, ſo erhält man, nach Beſtimmung der Hälfte der Einheit, ſowohl deren Drittel, als Sechstel, durch Abſonderung einer Säule, welche ſehr nahe ein Drittel einnimmt. Man bringt das eine Ende dieſer Säule auf 0°, merkt ſich wo das andere Ende zu ſtehen kommt und ſchiebt nun das zuvor auf 0° befindliche Ende nach dieſem Punkt. Man erhält dadurch zwei Drittel der Länge plus oder minus einer unbekannten Größe, um welche die Queckſilberſäule größer oder kleiner iſt als das richtige Drittel. Dieſe unbekannte Größe findet man, wenn man das eine Ende der Säule auf 100° bringt und ſich darauf die Stelle des andern Endes merkt. Der Abſtand zwiſchen dieſer und der zuvor gefundenen Stelle, getheilt in drei Theile, iſt die geſuchte Größe. Da man nun den Werth der Queckſilberſäule in Graden kennt, ſo hat man die Punkte $33°\frac{1}{3}$ und $66°\frac{2}{3}$. Legt man nun die Säule vom Grade 50 aus ſucceſſiv nach beiden Seiten, ſo erhält man die beiden übrigen Sechstel entſprechend den Punkten $16°\frac{2}{3}$ und $83°\frac{1}{3}$. — Um die Zwölftel zu erhalten, nimmt man eine Säule, die möglichſt nahe $\frac{5}{12}$ einnimmt. Das Doppelte dieſer Länge iſt $\frac{10}{12} \pm x$, und wenn man dieſen Werth mit dem zuvor für $\frac{5}{6}$ gefundenen vergleicht, ſo bekommt man x oder die Länge der Säule in Graden. Auf dieſe Weiſe werden alle Zwölftel beſtimmt. Durch weitere Fortſetzung dieſes Verfahrens mit Säulen von $\frac{9}{24}$ und $\frac{17}{48}$ erhält man die Einheit getheilt in Vierundzwanzigſtel und Achtundvierzigſtel. — Die Genauigkeit dieſer Operationen hängt von der ab, mit welcher man die Queckſilberſäule verlängern oder verkürzen, und ſo auf die gewünſchte Größe bringen kann. Dieß glückte ziemlich gut auf folgende Weiſe. — Ein 48 Centimeter langes Meſſinglineal wurde mit einer Theilung auf Silber verſehen. Längs dieſem Lineal bewegte ſich auf einem Schlitten ein dreimal vergrößerndes Mikroſkop, mit welchem man zugleich das Ende der Queckſilberſäule und die demſelben entſprechenden Punkte der Scale ſehen konnte. Dieſe Thei-

Bei der **Verfertigung der Weingeiſtthermometer** wird im Allgemeinen ſo verfahren, wie bei Queckſilberthermometern; nur in Wenigem weichen beide Verfahren von einander ab. Schon bei der Auswahl der Röhren muß man wiſſen, daß ſich Weingeiſt bei demſelben Temperaturwechſel ſtärker ausdehnt als Queckſilber, und daß daher für dieſelbe Empfindlichkeit weitere Röhren gebraucht werden können, ohne ihnen größere Gefäße geben zu dürfen. Ferner muß der Weingeiſt, der ſtets hinreichend concentrirt ſein ſoll, gefärbt werden, damit man ſeinen Stand deſto leichter wahrnehmen kann. Am dauerhafteſten geſchieht dieß mit Saffran, wiewohl man dadurch keine beſonders ſchöne Farbe zu Stande bringt. Die Färbung mit Ochſenzunge iſt nicht zu empfehlen, weil dieſe Farbe im Sonnenlichte ſchwarz wird. Für jeden Fall iſt es nothwendig darauf zu ſehen, daß man nicht friſch gefärbten Weingeiſt wählt, weil dieſer meiſtens noch etwas in der Kugel der Röhre abſetzt. Das Füllen mit Weingeiſt geht leichter vor ſich, als das mit Queckſilber, allein wenn man die Röhre luftleer gemacht hat, ſo ſteigen oft lange Zeit hindurch noch aus dem Weingeiſte Blaſen auf, die entfernt werden ſollen. Darum muß man manchmal die Röhre wieder öffnen, und ſie von Neuem luftleer machen. Bei der Beſtimmung des Eispunktes muß man recht wohl darauf ſehen, daß man ihn nicht zu tief anmerke. Dieſes geſchieht gar leicht, wenn man zur Beſtimmung deſſelben ſchreitet, ohne zuvor das Thermometer in einer dem Eispunkte nahen Temperatur in aufrechter Stellung einige Stunden ſtehen zu laſſen. Vernachläſſigt man nämlich letztere Vorſicht und tauchet die Röhre ſchnell in Eis, ſo bleibt hinter der ſinkenden Weingeiſtſäule etwas Flüſſigkeit an der Röhrenwand hängen, und fehlt dann an der Länge der Säule. Ein luftleeres Weingeiſtthermometer erträgt oft die Siedhitze des Waſſers, weil ſich im luftleeren Raume oberhalb des Weingeiſtes Dünſte erzeugen, die durch ihren Druck den Siedepunkt des Weingeiſtes erhöhen.

---

lung gab 0,15 eines Millimeters. Hieran konnten die Fünftel mit ziemlicher Sicherheit geſchätzt, und ſo die Länge der Queckſilberſäule mit gleicher Sicherheit bis auf drei Hundertel eines Millimeters gemeſſen werden. — Wenn man die Queckſilberſäule bei ihrer Theilung nicht ſogleich von der rechten Länge erhält, ſo läßt man ſie langſam gegen den abgeſonderten Theil vorrücken. Es geſchieht dann oft, oder faſt immer, daß das Queckſilber nicht querüber zuſammenhaftet, ſondern auf der einen Seite eine ganz kleine Blaſe übrig läßt, welche ſich nicht verſchiebt, ſondern das Queckſilber vorbeigehen läßt. Paßt man dann auf, wenn der Abſtand zwiſchen dem Ende der Säule und der kleinen Blaſe die gewünſchte Länge hat, und neigt man dann die Röhre, ſo trennt ſich das Queckſilber an der Stelle der Blaſe, und man erhält die Säule von der erforderlichen Länge, wenigſtens ſo weit, daß ſie von ihr nicht mehr als zwei bis drei Abtheilungen der Scale abweicht. Auf dieſe Weiſe kann man ein Thermometer, deſſen Grade eine Länge von zwei Millimetern beſitzen, bis auf 0,2 Grad mit Sicherheit theilen.

Ein Weingeiſtthermometer kann nur an den zwei unmittelbar beſtimmten Punkten mit einem Queckſilberthermometer übereinſtimmen, in den andern Theilen der Scale weichen beide von einander ab, weil ſich nicht beide Flüſſigkeiten nach demſelben Geſetze ausdehnen.*) Wildt, de Luc, Luz u. ſ. w. haben dieſe beiden Inſtrumente mit einander verglichen und die Reſultate gefunden, welche die nachfolgende Tabelle enthält.

---

*) Ueber die richtige Conſtruction von Weingeiſtthermometern finden ſich in Fechners Repertorium folgende Bemerkungen. Nach den (im Art. Ausdehnung S. 120.) mitgetheilten Reſultaten über die Ausdehnung des abſoluten Alkohols (bloß ſolcher iſt zu Weingeiſtthermometern tauglich, da wäſſeriger Weingeiſt eine ganz unregelmäßige Ausdehnung hat) durch die Wärme ergeben ſich für die Conſtruction von Weingeiſtthermometern folgende Beſtimmungen. Wenn das Volumen des Alkohols bei 0° C. = 1 geſetzt wird, ſo iſt es mit Weglaſſung der höhern Decimalſtellen bei 1° = 1,00099, welches von 1,001 um eine unmeßbare Größe abweicht; bei 2° iſt daſſelbe = 1,00199 und es wächſt alſo hier genau um 0,001, und eben ſo bei 3°, indem es hier = 1,00299 iſt. Setzt man alſo ohne Rückſicht auf die verſchwindenden Differenzen der höheren Decimalſtellen 0,00099 = 0,001; 0,00199 = 0,002 und 0,00299 = 0,003, ſo wächſt das Volumen für 1° C. um 0,001 der Einheit, und dieſes geht in Beziehung auf nicht mehr als drei Decimalſtellen regelmäßig fort bis 24°, wo das Volumen um 0,025 vermehrt iſt. Wird dieſer Unterſchied bei einem empiriſch graduirten Thermometer (— die empiriſche Graduirung geſchieht bekanntlich ſo, daß der Verfertiger auf der Scale des Weingeiſtthermometers durch Vergleichung mit einem ſorgfältig geprüften Normalqueckſilberthermometer das Intervall zwiſchen etwa 0° und 40 oder 50° C. bezeichnet und durch Unterabtheilung dieſes Intervalles in gleiche Theile die Grade des Inſtrumentes beſtimmt —) auf alle durchlaufenen Grade vertheilt, ſo beträgt er für jeden einzelnen Grad $\frac{1}{22}$ſtel oder ungefähr 0,05 eines Grades, eine auf gewöhnliche Weiſe nicht wahrnehmbare Größe. Hieraus ergibt ſich alſo, daß ein ſolches Weingeiſtthermometer bis mindeſtens 25° C. mit einem Queckſilberthermometer völlig zu harmoniren ſcheinen kann. Wäre ein Weingeiſtthermometer bis zu 70° C. nach der Vorausſetzung einer von 0° an gleichförmig erfolgenden Ausdehnung graduirt, und würde hierbei für 1° C. die bei niederen Graden wirklich genaue Ausdehnung = 0,001 des bei 0° ſtattfindenden Volumens zu Grunde gelegt, ſo würde das Weingeiſtthermometer 54°,4 zeigen, während das Queckſilberthermometer bloß 50° zeigte, und 79°,3 zeigen, während das Queckſilberthermometer bloß 70° zeigte. Ein für niedere Grade über 0° richtig graduirtes Weingeiſtthermometer muß daher weiter hinauf viel zu hohe Anzeigen geben. — Für die Grade unter dem Gefrierpunkte des Waſſers muß eine ähnliche Abweichung ſtattfinden, und hier iſt ſie ungleich wichtiger, weil die Weingeiſtthermometer ganz eigentlich zur Beſtimmung hoher Kältegrade benutzt werden. Wird alſo für — 1° C. die

Grade des Queckſilberthermometers. R.	Uebereinſtimmende Grade des Weingeiſttherm.			Grade des Queckſilberthermometers. R.	Uebereinſtimmende Grade des Weingeiſttherm.		
	nach Wildt.	nach de Luc.	nach Luz.		nach Wildt.	nach de Luc.	nach Luz.
80	80,00	—	80,00	15	12,14	12,20	12,20
75	73,90	73,80	73,80	10	7,95	7,90	7,90
70	67,95	67,80	67,80	5	3,90	3,90	3,90
65	62,14	61,90	61,90	0	0,00	0,00	0,00
60	56,48	56,20	56,10	— 5	3,75	—	3,9
55	50,97	50,70	50,40	10	7,36	—	7,6
50	45,60	45,30	44,90	15	10,82	—	11,2
45	40,38	40,20	39,60	20	14,13	—	14,5
40	35,31	35,10	34,70	25	17,30	—	—
35	30,38	30,30	29,90	30	20,32	—	—
30	25,60	25,60	25,30	35	23,19	—	—
25	20,97	21,00	20,90	40	25,92	—	—
20	16,48	16,50	16,50	45	28,50	—	—

Volumensänderung = 0,001 angenommen, ſo muß das Volumen, dieſes bei 0° C. = 1 geſetzt, = 1 — 0,001 = 0,9990 werden, welches merklich genau mit dem Werthe der Tabelle für Weingeiſt übereinſtimmt, doch iſt die Verminderung etwas geringer, indem das Volumen nach der Tabelle 0,99901340 iſt. Wird dieſer Unterſchied vernachläſſigt, alſo unter der Vorausſetzung, daß die Theilung der Scale nach den Graden nahe über dem Gefrierpunkte des Waſſers gemacht wäre, wo ſie ſehr genau 0,001 des Volumens für 1° C. betragen würde, ſo müßte unter Vorausſetzung einer gleichmäßigen Zuſammenziehung des Alkohols dieß Volumen bei — 50° C. genau 1 — 0,05, alſo 0,95 betragen. Statt deſſen aber gibt die Tabelle, mit Weglaſſung der höheren Decimalſtellen, 0,965 und da die Grade der Scale der Volumensverminderung parallel gehen, ſo folgt, daß die Temperatur 51°,5 C. betragen muß, wenn das Weingeiſtthermometer 50° zeigt. Wäre aber ein ſolches Weingeiſtthermometer auf dieſe Weiſe graduirt, daß man den Stand des Weingeiſtes bei 0° C. und bei + 50° C. (des Queckſilberthermometers) beobachtete und die hiernach beſtimmte Länge der Scale für 50° auf den unter 0° C. liegenden Theil derſelben aufgetragen hätte, wie es gewöhnlich bei empiriſcher Graduirung derſelben geſchieht, ſo kämen zu jenen 1°,5 noch 5°,4 und die wahre Temperatur würde alſo — 56°,9 C. ſein, wenn die Scale — 50° zeigte. Hieraus ergibt ſich von ſelbſt, daß Weingeiſtthermometer, welche auf die gewöhnliche empiriſche Weiſe graduirt ſind, weder in den höhern noch den niederen Graden richtig ſein können. — Es gibt allerdings Mittel zu einer richtigen Theilung der Scalen für Weingeiſtthermometer, deren praktiſche Ausführbarkeit aber großen Schwierigkeiten unterliegt. So könnte man die Zehntel und allenfalls die Hundertſtel

Nach dieſem Reſultate iſt folgende Reductionstabelle berechnet.

80 theil. Weingeiſttherm.	80 theil. Queckſilbertherm. nach de Luc.	Luz.	Wildt.	80 theil. Weingeiſttherm.	80 theil. Queckſilbertherm. nach de Luc.	Luz.	Wildt.
— 20			— 29,54	+ 1	+ 1,29	+ 1,29	+ 1,29
19			27,86	2	2,57	2,57	2,57
18			26,18	3	3,85	3,85	3,85
17			24,51	4	5,13	5,13	5,13
16			22,92	5	6,38	6,38	6,37
15		— 20,69	21,33	6	7,63	7,63	7,61
14		19,15	19,74	7	8,87	8,87	8,85
13		17,61	18,24	8	10,11	10,11	10,09
12		16,07	16,74	9	11,27	11,27	11,28
11		14,68	15,24	10	12,43	12,43	12,46
10		13,29	13,78	11	13,59	13,59	13,74
9		11,91	12,35	12	14,75	14,75	14,82
8		10,53	10,93	13	15,91	15,91	15,97
7		9,16	9,51	14	17,07	17,07	17,12
6		7,81	8,13	15	18,23	18,17	18,27
5		6,46	6,75	16	19,39	19,32	19,41
4		5,13	5,37	17	20,52	20,47	20,54
3		3,84	4,00	18	21,64	21,62	21,67
2		2,56	2,66	19	22,76	22,77	22,79
1		1,28	1,33	20	23,88	23,92	23,91
0		0,00	0,00	21	25,00	25,07	25,03

der Scalentheile auf einem Maßſtabe vermittelſt der Transverſallinien oder eines Nonius auftragen, und nach der Tabelle die Grade mit Rückſicht auf die ſtets wachſenden Incremente des Volumens beſtimmen. Ungleich ſchwieriger würde es ſein, die der Gleichung für die Ausdehnung des Weingeiſtes zugehörige Curve für ein zu theilendes Thermometer zu zeichnen und hiernach die Theilung aufzutragen. Es bleibt daher am einfachſten und leichteſten, die genau calibrirten Weingeiſtthermometer auf folgende Weiſe empiriſch zu theilen. Man beſtimme genau den Nullpunkt des zu graduirenden Thermometers und dann den Stand des Weingeiſtes nach einem geprüften Queckſilber-Normalthermometer von 20 zu 20 Graden oder größerer Genauigkeit halber von 10 zu 10 Graden, und theile die Zwiſchenräume in gleiche Theile, ſo wird die Abweichung der Scale von einer abſolut richtigen unmerklich ſein. Da aber dies Verfahren für die Grade unter dem Gefrierpunkte des Waſſers nicht wohl anwendbar iſt, ſo würde es am gerathenſten ſein, den Stand des Weingeiſtes bei — 20° C. genau zu beſtimmen, die zwiſchen dieſem und dem Gefrierpunkte des Waſſers befindliche Länge bis — 40° C. und dann bis — 60° aufzutragen und in gleiche Theile zu theilen, denn in dieſem Falle würde die Abweichung von der ab-

80 theil. Weingeiſtherm.	80 theil. Queckſilbertherm. nach			80 theil. Weingeiſtherm.	80 theil. Queckſilbertherm. nach		
	de Luc.	Luz.	Wildt.		de Luc.	Luz.	Wildt.
+22	+ 26,08	+ 26,22	+ 26,10	+ 42	46,74	+ 47,32	+ 46,48
23	27,15	27,36	27,17	43	47,72	48,25	47,44
24	28,22	28,50	28,23	44	48,69	49,18	48,39
25	29,29	29,64	29,29	45	49,66	50,11	49,34
26	30,37	30,74	30,35	46	50,58	50,00	50,26
27	31,45	31,84	31,41	47	51,49	51,89	51,18
28	32,52	32,93	32,47	48	52,40	52,78	52,10
29	33,59	34,02	33,53	49	53,32	53,67	53,02
30	34,66	35,11	34,59	50	54,24	54,56	53,95
31	35,70	36,15	35,00	51	55,17	55,45	54,88
32	36,75	37,19	36,62	52	56,10	56,34	55,81
33	37,80	38,23	37,63	53	57,03	57,23	56,73
34	38,85	39,27	38,64	54	57,95	58,12	57,65
35	39,89	40,31	39,65	55	58,87	59,01	58,57
36	40,87	41,34	40,64	56	59,79	59,89	59,49
37	41,85	42,37	41,63	57	60,68	60,76	60,38
38	42,83	43,40	42,61	58	61,57	61,63	61,27
39	43,81	44,43	43,59	59	62,46	62,50	62,16
40	44,78	45,45	44,57	60	63,34	63,37	63,05
41	45,76	46,39	45,42	61	64,22	64,24	63,95

ſolut richtigen Scale beim Gefrierpunkte des Weingeiſtes nicht mehr als etwa 1° C. betragen. — Iſt der Künſtler im Beſitz einer genauen und hinlänglich feinen Theilmaſchine, ſo läßt ſich die Scale mit aller erforderlichen Schärfe auf folgende Weiſe auftragen. Es ſei der Stand des Weingeiſtes bei 0° und bei 10° C. vollkommen genau beſtimmt. Gibt die Maſchine, welche mit einer Mikrometerſchraube verſehen ſein möge, für dieſe Länge der Scale m Umdrehungen, ſo gehören zu 1 Grade $\frac{m}{10}$ Umdrehungen. Es zeigt aber der Anblick der Tabelle, daß der zehnte Grad um 0,16 der einfachen Volumensvermehrung durch Summirung der Incremente jedes einzelnen der 10 Theile zugenommen hat, wenn die höheren Decimalſtellen für die einzelnen Grade vernachläſſigt werden. Hiernach geben $\frac{m}{10}(1-0{,}016) = 0{,}984 \frac{m}{10} =$ n Umdrehungen die geſuchte Einheit, womit ſich die Theilung für Grade über und unter dem Gefrierpunkte auf folgende Art bewerkſtelligen läßt:

Für Grade über 0° C.

	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°
n	(0,99;	2;	3;	4;	5,01;	6,03;	7,06;	8,09;	9,12;	10,15.)....

80 theil. Weingeiſttherm.	80 theil. Queckſilbertherm. nach			80 theil. Weingeiſttherm.	80 theil. Queckſilbertherm. nach		
	de Luc.	Luz.	Wildt.		de Luc.	Luz.	Wildt.
+62	+ 65,12	+ 65,11	+ 64,85	72	+ 73.39	+ 73,39	+ 73,22
63	65,93	65,93	65,68	73	74,23	74,28	74,07
64	66,74	66,74	66,51	74	75.08	75,03	74,92
65	67,55	67,55	67,34	75	75,90	75,90	75,77
66	68,36	68,36	68,18	76	76,72	76,72	76,62
67	69,18	69.18	69,02	77	77,54	77,54	77,47
68	70,03	70,03	69,86	78	78,36	78,36	78,32
69	70,87	70,88	70,70	79	79,18	79,18	79,16
70	71,71	71,71	71,54	80	80,00	80,00	80,00
71	72,55	72,55	72,38				

Es iſt in vielen Fällen nothwendig, die größte und kleinſte Temperatur zu kennen, welche innerhalb einer gewiſſen Zeit eintritt. Zu dieſem Zwecke hat man eigene Inſtrumente, die entweder ſowohl das Maximum als das Minimum oder nur eins der beiden angeben, ſogenannte Maximum- und Minimumthermometer. Ein derartiges Inſtrument hat Gay-Luſſac angegeben, das in Fig. 343. abgebildet iſt. Es beſteht aus einer dünnen Glaskugel A, deren Hals bis auf eine ſehr kleine Oeffnung geſchloſſen iſt; auf dieſe Kugel iſt eine Glasröhre B aufgekittet. Die ganze Kugel iſt mit Waſſer oder Al-

Für Grade unter 0° C.

— 1° — 2° — 3° — 4° — 5° — 6°....

n (1—0,01; 2—0,03; 3—0,05; 4—0,09; 5—0,13; 6—0,18.)....

und auf gleiche Weiſe nach der Anleitung der berechneten Tabelle, welche auch namentlich für verneinte Grade leicht noch weiter fortgeſetzt werden könnte, wenn man es für dieſen Zweck nöthig fände. Es verſteht ſich von ſelbſt, daß man hierbei allezeit vom Anfangspunkte rechnen muß, ſo daß alſo für 10 Grade über 0 im Ganzen 10,16 n, und für 6 Grade unter 0 überhaupt n (6 — 0,18) Umdrehungen gemacht ſind. Die Ausdehnung und Zuſammenziehung des Glaſes macht hierbei keine Schwierigkeiten; denn da dieſelbe entweder überhaupt oder mindeſtens innerhalb der hierbei erforderlichen Grenzen merklich gleichmäßig iſt, ſo wird hiernach die Säule des Weingeiſtes im Rohre des Thermometers bis zu den gemeſſenen 10 Graden um eben ſo viel kürzer, als die nächſtfolgende von 10° bis zu 20° C. und ſo fort, ſo daß alſo die Correction ſchon in der urſprünglichen Meſſung enthalten iſt. Noch vollſtändiger aber läßt ſich dieſe Correction dadurch erhalten, wenn der Künſtler die feſten Punkte bei 0° und 50° C. beſtimmt, und die oben angegebene Methode der Scalentheilung befolgt.

kohol bei einer beſtimmten Temperatur, z. B. bei 0° C., ganz angefüllt, die Röhre B hingegen enthält Queckſilber. So wie die Temperatur ſinkt, entſteht in der Kugel ein leerer Raum und der äußere Luftdruck preßt ſo viel Queckſilber hinein, als nöthig iſt, dieſe Leere auszufüllen. Aus der Menge dieſes Queckſilbers erkennt man die mindeſte Temperatur, welche ſeit der letzten Beobachtung Statt gefunden hat. Zur genauen Beſtimmung derſelben ſucht man das in der Kugel befindliche Queckſilber wieder heraus zu bringen, und deſſen Volumen zu meſſen. Zu dieſem Ende kehrt man die Kugel um, ſo daß das Queckſilber auf die kleine Oeffnung im Halſe derſelben zu liegen kommt, und erwärmt ſie mit der Hand. Die dadurch bewirkte Ausdehnung der Flüſſigkeit treibt das Queckſilber heraus. Gießt man es in eine eigens dazu beſtimmte, graduirte Glasröhre, ſo erkennt man aus deſſen Volumen bei einer beſtimmten Temperatur das Minimum, dem der Glasballon ausgeſetzt war. — Steigt die Temperatur, ſtatt zu ſinken, ſo kommt ein Theil des im Ballon enthaltenen Waſſers oder Weingeiſtes in die Röhre B. Um das Maximum der Temperatur zu erkennen, braucht man hierauf nur den Ballon in jene Temperatur zu verſetzen, in welcher die Kugel ganz mit der Flüſſigkeit erfüllt war, und die Queckſilbermenge zu beſtimmen, welche darauf in die Kugel getrieben wird.*)

Ein anderes in ſeinem Gebrauche viel einfacheres Inſtrument zu demſelben Zwecke hat Rutherford angegeben. Es beſteht aus zwei an derſelben Faſſung befeſtigten horizontal liegenden Thermometern a und b (Fig. 344.), deren eines Queckſilber, das andere Weingeiſt enthält. In der Röhre des Queckſilberthermometers befindet ſich ein kleiner Cylinder von Eiſen oder Stahl, der ſich ohne merkliche Reibung in derſelben bewegen kann. Dieſen treibt die Queckſilberſäule vor ſich hin und läßt ihn an dem höchſten Punkte der Scale liegen, zeigt demnach das Maximum der Temperatur an. In der Röhre des Weingeiſtthermometers hingegen iſt ein ſolcher Cylinder aus Glas oder Email angebracht, der im Weingeiſt ganz eingetaucht, ſchwimmt. Zieht ſich der Weingeiſt zuſammen, ſo nimmt er dieſen Zeiger mit ſich fort, weil dieſer die Oberfläche der flüſſigen Säule als nicht ſo beweglich in ih-

*) Man wird finden, daß ſowohl dieſes als die meiſten der übrigen Maximum- und Minimumthermometer in ihrer Ausführung keineswegs die Einfachheit haben, welche nöthig wäre, wenn ſie im Gebrauch bequem und zuverläſſig ſein ſolten. Vielleicht könnte man ein derartiges Inſtrument am einfachſten ausführen, wenn man auf dem Queckſilber eines nach ziemlich großen Dimenſionen ausgeführten offenen Thermometers einen Schwimmer anbrächte, der einen Zeiger in Bewegung ſetzte (wie beim Radbarometer und der Vorrichtung von Landriani, ſ. d. Art. Barometer S. 157. und 175.) oder mit einer Art von Barometrographen, (ſ. d. Art. Barometer S. 175.) verſehen wäre.

ren Theilen gleichſam nicht durchbohren kann; ſo wie aber die Weingeiſtſäule ſich verlängert, geht die Flüſſigkeit an den Seiten des Cylinders vorbei, und er bleibt an der Stelle, an welcher er ſich beim tiefſten Stande dieſer Säule befand. Dieſer zeigt demnach das Minimum der Temperatur an. Es iſt gut, jede der zwei Glasröhren, welche zur Conſtruction dieſes Inſtruments gebraucht werden, in der Nähe der Kugel etwas zuſammen zu ziehen, damit die Marke nicht in die Kugel gelangen kann. Die Stahlmarke ſoll überdieß an der dem Queckſilber zugewendeten Seite ſpitzig zulaufen, damit ſie, wenn ſie etwa durch einen Stoß zu tief in das Queckſilber eingeſunken iſt, leichter wieder herausgebracht werden kann. Uebrigens muß man ſich wohl hüten, dieſe Marke hoch und ſchnell auf das Queckſilber fallen zu laſſen, um dieſes Verſinken zu vermeiden. Es iſt weſentlich, daß dieſes Inſtrument einen nahe horizontalen Stand habe, bei einem verticalen hört es auf, das Maximum und Minimum anzuzeigen. Dieſen Umſtand hat Blackadder benutzt, um mittels dieſes Inſtrumentes die Temperatur zu jeder Stunde, ſelbſt in Abweſenheit des Beobachters, zu erkennen. Wird das Weingeiſtthermometer umgekehrt aufgeſtellt, ſo bleibt die Glasmarke in der Flüſſigkeit ſchwebend, und folgt dieſer beim Steigen und Sinken; wird es in eine horizontale Lage gebracht, ſo bleibt die Marke an der Stelle liegen, die ſie im Augenblicke des Umſchlagens einnahm, falls die Weingeiſtſäule nicht weiter ſinkt, in dieſem Falle allein würde nach dem Vorhergehenden die Marke auch ihren Platz ändern. Es muß daher das Sinken des Thermometers nach dem Umſchlagen verhütet werden. Dieſem gemäß ſtellt Blackadder das umgekehrte Weingeiſtthermometer über einem Kaſten auf, in welchem die Luft mittelſt einer Lampe fortwährend wärmer erhalten wird, als die äußere Luft. Nimmt das Thermometer zu einer beſtimmten Stunde einen horizontalen Stand an, ſo geräth deſſen Kugel in die erwärmte Luft des Kaſtens, jedes Sinken der Temperatur hört auf und der Glascylinder bleibt an der Stelle, die er im Augenblicke des Umſchlagens einnahm. Es iſt wohl kaum nöthig zu erinnern, daß ein ſolches Thermometer nach jeder Beobachtung nach der Seite der Queckſilberkugel geneigt werden muß, damit beide Marken an die Oberfläche ihrer Flüſſigkeit gelangen. Sind beide Thermometer auf einem Brete befeſtigt, ſo müſſen die Kugeln derſelben nach entgegengeſetzten Richtungen ſtehen, damit man beide Marken durch eine Neigung zugleich an den gehörigen Platz bringe, und nicht während der Regulirung der einen die andere wieder verſchoben werde.

Ein anderes Inſtrument zur Beſtimmung der Wärmeextreme hat Six angegeben und Bellani verbeſſert. Es iſt in Fig. 345. vorgeſtellt, und beſteht aus einer dreiſchenkeligen Glasröhre a b c, die an beiden Enden in ein weiteres Gefäß c und d übergeht. Das Gefäß c iſt mit Weingeiſt gefüllt, die Röhre a b c enthält Queckſilber und das Stück über c nebſt einem Theil des Gefäßes d wieder Weingeiſt. Ueber der Queckſilberſäule befinden ſich kleine eiſerne Marken, die mit einem Haare umwickelt ſind, welches eine Art Feder bildet,

mittels der ſich jede Marke an die Glaswände anſtemmt und zwar vom Queckſilber gehoben werden kann, aber nicht von ſelbſt zu ſinken im Stande iſt. So wie die Temperatur ſteigt, ſinkt vermöge der ſtärkeren Ausdehnung des Weingeiſtes in c, die Queckſilberſäule in a und hebt ſich in e, letztere nimmt die Marke mit ſich und läßt ſie an der höchſten Stelle ſtehen. Sinkt aber die Temperatur, ſo ſteigt das Queckſilber in a, hebt die Marke und läßt ſie wieder am höchſten Punkt, den ſie erreicht hat, beim Sinken zurück. Demnach zeigt die Marke in e daß Maximum, die in a das Minimum der Temperatur. Mittels eines Magnetes kann man nach jeder Beobachtung die Marken wieder auf die Oberfläche des Queckſilbers zurückführen.

Fig. 346. zeigt das Maximumthermometer von **King**. Daſſelbe ſtellt ein Doppelthermometer vor, welches aus einer einzigen Röhre verfertigt zu ſein ſcheint. Das eine dieſer zwei Thermometer A iſt wie ein gewöhnliches Queckſilberthermometer eingerichtet und auch mit einer Scale verſehen, wie ſie dieſe Inſtrumente zu haben pflegen; das zweite hingegen hat eine von jenem verſchiedene Einrichtung. Es reicht nämlich die Röhre B in das Queckſilbergefäß H hinein, wie dieſes in Fig. 347. zu ſehen iſt, und läuft in demſelben in eine Spitze aus. Dieſe Röhre enthält nicht wie die erſtere Queckſilber, ſondern gefärbten Weingeiſt, der durch eine in E befindliche Luftſäule vom Queckſilber getrennt iſt. Das Gefäß H, welches mit G möglichſt gleichen Inhalt haben muß, iſt bis D mit Queckſilber gefüllt, enthält aber über dieſem Luft. — Beim Gebrauche wird dieſes Inſtrument wie ein gewöhnliches Thermometer aufgehängt und ſo adjuſtirt, daß die Röhre B bloß Weingeiſt enthält. Steigt nun die Temperatur, ſo behnt ſich das Queckſilber im erſten Thermometer aus, wirkt auf die Luft in E und durch dieſe auf die Weingeiſtſäule in B. Dadurch tritt ein Theil deſſelben in das Gefäß H, und ſteigt wegen ſeines geringern ſpecif. Gewichtes über das Queckſilber daſelbſt. Sinkt nun die Temperatur wieder, ſo gelangt ſtatt des vertriebenen Weingeiſtes eine proportionirte Queckſilberſäule in die Röhre C, aus deren Länge man abnehmen kann, wie groß die höchſte Temperatur war, welcher das Inſtrument ausgeſetzt war. — Um dieſes Thermometer wieder zu fernerem Gebrauche einzurichten, berührt man das Gefäß G mit einer warmen Hand, und vertreibt dadurch die Queckſilberſäule aus der Röhre B. Iſt dieſes erfolgt, ſo bringt man, ohne die erwärmende Hand zu entfernen, das Inſtrument in eine geneigte Lage, daß die Spitze C das Queckſilber verläßt, und nunmehr in Weingeiſt getaucht iſt, zieht dann die Hand zurück, läßt das Thermometer die vorige Temperatur annehmen, damit der Weingeiſt wieder in die Röhre B gezogen werde. Sobald dieſes geſchehen iſt, hängt man das Inſtrument wieder an ſeinen Platz, denn nun iſt es zu einer fernern Beobachtung des Maximums der Temperatur geeignet. — Man kann den Weingeiſt auch ganz weglaſſen, und dafür die Röhre B bloß mit Luft füllen, doch dürfte nach **King's** Meinung dadurch die Richtigkeit des Inſtruments leiden, wenn nicht etwa durch Horizontallegen dieſem Uebel abgeholfen wird. Auf den erſten Blick ſcheint dieſes Inſtrument ſchwer zu verfertigen zu ſein; man

kann ſich aber die Arbeit bedeutend erleichtern, wenn man jedes der zwei Thermometer für ſich verfertigt und ſie hierauf in E mit einander verbindet.

Magnus hat ein Maximumthermometer conſtruirt, um damit die Temperatur in großen Tiefen der Erde zu beſtimmen, und es daher Erdthermometer oder Geothermometer genannt. Es hat ſich in den mit ihm angeſtellten Verſuchen als ſehr brauchbar erwieſen. Dieſes Inſtrument (Fig. 348.) beſteht aus einem gewöhnlichen Thermometer TA, das oben bei T offen und ſo getheilt iſt, daß ſowohl der Nullpunkt deſſelben, als auch der Punkt T und jeder zwiſchenliegende Punkt den gleichnamigen Punkten irgend einer der bekannten Thermometerſcalen entſprechen, ſo daß, wenn man dieſes Inſtrument in dieſelbe Temperatur mit einem nach derſelben Scale getheilten Thermometer bringt, beide dieſelbe Anzahl von Graden zeigen. Erwärmt man nun das Inſtrument bis zu einer Temperatur, die höher iſt als T, ſo wird ein Theil des in ihm enthaltenen Queckſilbers ausfließen, und bringt man es darnach wieder in eine und dieſelbe Temperatur mit dem nach derſelben Scale getheilten Thermometer (das wir Normalthermometer nennen wollen), ſo wird es nicht mehr dieſelbe, ſondern eine niedrigere Anzahl von Graden zeigen, als jenes. Aus der Differenz des Standes, den es wirklich hat und dem, den es haben ſollte und der durch das Normalthermometer angezeigt wird, läßt ſich leicht die Temperatur finden, bis zu der es erwärmt geweſen. Denn bei dieſem Maximum der Temperatur, das wir der Kürze wegen mit x bezeichnen, war das Inſtrument ganz, d. i. bis T, mit Queckſilber gefüllt; es war daher ſo viel Queckſilber herausgetreten, daß es nur T° zeigte, während das Normalthermometer x° gezeigt haben würde. Es kommt alſo eigentlich nur darauf an, dieſe Differenz x — T zu finden. Dieſe wird man aber leicht beobachten können, wenn man das Inſtrument mit dem Normalthermometer in eine Temperatur bringt, die geringer iſt als x; denn das Inſtrument wird dann um ſo viel unter dem Normalthermometer ſtehen, als es bei der Temperatur x über demſelben geſtanden hatte, nämlich um T — x, nur daß dieſes T — x die gehörigen Correctionen erleiden muß, da es hier nicht bei der Temperatur x, ſondern bei einer niedrigern gemeſſen wird. — Dieſe Betrachtung macht es auch zugleich anſchaulich, daß zur Beſtimmung des Maximums der Temperatur keineswegs gerade das urſprüngliche Queckſilbervolumen, nach welchem das Inſtrument getheilt worden, und das es bei der Temperatur 0° gerade bis Null erfüllt, in demſelben vor dem Verſuche enthalten zu ſein brauche; ſondern, daß dieſes Queckſilbervolumen größer oder kleiner ſein dürfe, wenn es nur hinreichend iſt, das Inſtrument bei der Temperatur x° gänzlich, d. h. bis T, zu füllen. Dieſer Umſtand aber, daß die Beſtimmung des Maximums unabhängig iſt von der Queckſilbermenge, die vor dem Verſuche in dem Inſtrumente enthalten geweſen, macht daſſelbe eigentlich erſt recht anwendbar. Denn man braucht nur dafür zu ſorgen, daß es nicht zu wenig Queckſilber enthalte, ohne daß es auf die Quantität ankommt, die man zu dem Ende einführt; und die ganze Beobachtung beſteht nur darin, daß man

nach dem Verſuche das Inſtrument mit dem Normalthermometer in eine und dieſelbe Temperatur bringt, um den Stand von beiden zu verzeichnen. — Hiezu bedient man ſich in Ermangelung einer andern conſtanten Temperatur, am beſten eines Eimers mit friſchem Brunnenwaſſer, der bis zu der Zeit, wo die Thermometer einen unveränderlichen Stand angenommen haben, ſeine Wärme nicht ändert. Die Vergleichung in der Luft könnte durch unvorſichtige Annäherung des Körpers, oder durch Zug und andere zufällige Umſtände leicht einen Irrthum veranlaſſen. Beſonders hat man auch darauf zu achten, daß das Inſtrument, nachdem es den Ort verlaſſen hat, deſſen Temperatur x es annehmen ſoll, nicht noch höher erwärmt werde, bevor der Stand deſſelben mit dem des Normalthermometers verglichen iſt. Deßhalb darf man ſich bei Bohrlöchern oder verlaſſenen Schächten nicht blos damit begnügen, die Temperatur der größten Tiefe zu unterſuchen, ſondern man muß auch die von verſchiedenen andern weniger tief liegenden Punkten beſtimmen, um ſicher zu ſein, daß das Inſtrument ſein Maximum nicht in einer geringern Tiefe erreicht habe, als die, bis zu der es herabgelaſſen worden. — Man ſieht leicht ein, daß die Genauigkeit des Inſtrumentes davon abhängt, daß von dem Queckſilber, das oben bei T durch die Erwärmung heraustritt, beim Erkalten nichts wieder zurückgehe. Dies kann man nur erreichen, wenn man das Thermometerrohr bei T ganz fein auszieht und dann ſcharf abſchneidet. Bei den Inſtrumenten des Erfinders iſt die Oeffnung bei T ſo fein, daß man ſie kaum mit bloßen Augen ſehen kann. Damit aber jedes aus derſelben hervortretende Queckſilberkügelchen ſogleich abfalle, iſt die Spitze wie in Fig. 348. ſo gebogen, daß ſie horizontal ſteht. Die Thermometerröhre ſelbſt hat einen ziemlich weiten innern Durchmeſſer und der daran geblaſene Behälter iſt ſo groß, daß jeder Grad der Scale (Réaumurſche) 0,5 Zoll beträgt. Sollte alſo auch ein Queckſilberkügelchen an der Spitze hängen bleiben, ohne ſogleich abzufallen und ſich beim Abkühlen wieder in das Thermometerrohr mit hineinziehen, ſo iſt dieß wegen der Feinheit der Oeffnung, durch die es mit dem übrigen Queckſilber zuſammenhängt, doch ſtets ſo klein, daß es kaum $\frac{1}{20}$ eines ſolchen Grades beträgt. Uebrigens kann man bei Anfertigung des Inſtrumentes mit einiger Geſchicklichkeit es leicht dahin bringen, daß auch jede noch ſo geringe Menge Queckſilber ſogleich beim Heraustreten abfalle. — Die Feinheit der Oeffnung bei T iſt keineswegs ein Hinderniß, um neues Queckſilber einzufüllen, wenn etwa zu viel herausgetreten ſein ſollte. Man legt zu dem Ende das Inſtrument horizontal, paßt auf die alsdann vertikal ſtehende Spitze einen Trichter, in den man einige Tropfen ganz reines und vollkommen trockenes Queckſilber gießt, und erwärmt die Kugel, bis das ganze Rohr mit Queckſilber gefüllt iſt; läßt man ſie alsdann wieder erkalten, ſo folgt das Queckſilber aus dem Trichter dem in der Röhre befindlichen bei ſeiner Zuſammenziehung. Als Trichter nimmt der Erfinder einen gewöhnlichen Kork, der oben ſo vertieft iſt, daß er einige Tropfen Queckſilber faßt und unten eine kleine Oeffnung hat, mit der er auf die Spitze bei T aufgepaßt wird. Fig. 349. ſtellt einen Durchſchnitt deſſelben dar. — Um nun die für die Scale

des Inſtrumentes nöthigen Punkte zu beſtimmen, füllt man daſſelbe auf die eben beſchriebene Art mit Queckſilber, und bringt es, ohne den Trichter abzunehmen, mit dem Normalthermometer, nach deſſen Scale es getheilt werden ſoll, in eine beliebige, unveränderliche Temperatur T. Wenn man ſicher iſt, daß daſſelbe dieſe Temperatur angenommen, nimmt man den Trichter mit dem überſchüſſigen Queckſilber ab und bringt das Inſtrument zuerſt in fein zerſtoßenes Eis, um den Nullpunkt deſſelben zu beſtimmen, und darauf mit dem Normalthermometer in verſchiedene Temperaturen, die zwiſchen 0° und T° liegen, um ſo viele Punkte der Scale als nöthig zu beſtimmen. Sind dieſe Punkte einmal beſtimmt, ſo kommt es nicht mehr darauf an, daß gerade das Queckſilbervolumen, deſſen Ausdehnung ſie anzeigen (das ſchon oben das urſprüngliche Queckſilbervolumen genannt worden iſt), in dem Inſtrumente bleibe; man braucht ſich daher nun nicht mehr zu ſcheuen, daſſelbe einer Temperatur auszuſetzen, die höher iſt als T. — Das Zufüllen von Queckſilber wird ſehr erſchwert, wenn das Thermometerrohr inwendig feucht werden ſollte; man muß deßhalb dafür ſorgen, daß beſonders beim Hinablaſſen des Inſtrumentes in Waſſer, von dieſem nichts durch die Oeffnung bei T eindringen könne. Um dies zu vermeiden, befeſtigt der Erfinder über die Röhre und die daran befindliche Meſſingſcale eine enge Glasglocke hh Fig. 350., deren oberes verſchloſſenes Ende die Spitze bei T ſo nahe als möglich berührt und verſieht dieſelbe unten mit einer Oeffnung, damit das Waſſer, wenn das Inſtrument in daſſelbe hinabgeſenkt wird, ungehindert ſeinen Druck auf die in der Glocke befindliche Luft ausüben könne. Wird dieſe nun hierdurch auch zuſammengedrückt, ſo kann dieſe Zuſammendrückung doch niemals ſo weit gehen, daß das Waſſer die Oeffnung bei T erreichen könnte. — Der Druck, der in der Tiefe auf das Inſtrument ausgeübt wird, wirkt auf das Thermometer, ſowohl von außen, als auch durch die Oeffnung bei T von innen. Dieſer Druck mag daher noch ſo ſtark werden, man hat niemals eine Beſchädigung des Glaſes durch denſelben zu befürchten. Allein da das Glas und das Queckſilber demſelben Drucke ausgeſetzt werden, die Zuſammendrückbarkeit des Queckſilbers aber bedeutender als die des Glaſes iſt, ſo wird um ſo viel weniger Queckſilber aus der Oeffnung bei T heraustreten, als dieſer Unterſchied der Zuſammendrückbarkeit beträgt. Colladon und Sturm haben dieſe Größe beſtimmt, und gefunden, daß ſie für den Druck von einer Atmoſphäre 1,75 Milliontheile des angewandten Queckſilbervolumens beträgt. Hieraus kann man leicht berechnen, wie viel Queckſilber zu wenig aus dem Inſtrumente entwichen iſt, und darnach die Beobachtung corrigiren. — Man braucht zwar die Thermometerkugel des Inſtrumentes nicht größer zu machen, als die eines gewöhnlichen Thermometers, allein die zunehmende Größe derſelben, von der auch die Größe der einzelnen Grade der Scale abhängig iſt, vermehrt die Genauigkeit, ohne Uebelſtände herbeizuführen; da man doch jedenfalls das Inſtrument ſo lange an der zu unterſuchenden Stelle laſſen muß, bis auch die größere Queckſilbermaſſe die Temperatur derſelben vollſtändig angenommen hat, wozu beiläufig nur etwa eine Viertelſtunde erforderlich iſt. Allein je

größer die Kugel iſt, um ſo leichter iſt ſie auch dem Zerbrechen ausge-ſetzt; man muß daher Sorge tragen, ſie gehörig zu verwahren. Dies erreicht der Verfaſſer dadurch, daß er ſtatt der Kugel einen cylindriſchen Queckſilberbehälter wählt und denſelben zwiſchen zwei Meſſingſcheiben ab und cd Fig. 351. einſchließt, die durch drei Schrauben ac, bd u. ſ. w. mit einander verbunden ſind; in jede der beiden Scheiben iſt eine Korkplatte eingelaſſen, ſo daß der Cylinder nur von den Korkplat-ten berührt wird, in die er etwas verſenkt iſt. Der obere Kork iſt durch-bohrt und durch die Oeffnung deſſelben geht das Rohr des Thermome-ters. Auf dieſem ſind die nach dem Normalthermometer beſtimmten Punkte mit einem Diamant verzeichnet, damit, wenn man das Inſtru-ment auseinander nehmen ſollte, man ſich immer wieder überzeugen könne, daß dieſe auch wirklich gerade über den entſprechenden Punkten der Meſſingſcale liegen. Sollte dieſes nicht genau der Fall ſein, ſo kann man es leicht dahin bringen, indem man die Schrauben ac, bd u. ſ. w. ein wenig anzieht oder nachläßt, wodurch die Meſſingſcale, die nur auf die obere Platte cd aufgeſchraubt iſt, dem Cylinder genähert oder von ihm entfernt wird. Die Platte cd iſt bei fg mit einem Schrauben-gewinde verſehen, um auf dieſes die Meſſinghülſe h zu ſchrauben, in welche die Glasglocke hk eingekittet iſt. Dieſe Meſſinghülſe hat eine kleine Oeffnung, damit das Waſſer bei vermehrtem Druck ungehindert in die Glocke eintreten könne. — Um nun den genauen Werth von x der geſuchten Temperatur zu finden, ſo bezeichne man das urſprüngliche Queckſilbervolumen, wonach das Inſtrument getheilt worden, und das es bei 0° bis zum Nullpunkt füllt, mit V; und das Queckſilbervolu-men, das nach dem Verſuche in dem Inſtrumente enthalten iſt, gleich-falls bei der Temperatur 0° betrachtet, mit V'; ferner ſei t die Tem-peratur, in welche das Inſtrument zu Vergleichung mit dem Normal-thermometer nach dem Verſuche gebracht wird, und t' die Anzahl von Graden, welche das Inſtrument bei dieſer Temperatur einnimmt; end-lich $\frac{1}{\delta}$ die Ausdehnung des Queckſilbers für einen Grad der Scale, nach welcher das Inſtrument getheilt worden, ſo hat man folgende Glei-chung: $V'\left(1 + \frac{t}{\delta}\right) = V\left(t + \frac{t'}{\delta}\right)$, weil das Volumen V' bei der Temperatur t denſelben Raum einnimmt, den V, als das Inſtru-ment getheilt wurde, bei der Temperatur t' einnahm. — Ferner hat man die Gleichung: $V'\left(2 + \frac{x}{\delta}\right) = V\left(1 + \frac{T}{\delta}\right)$, denn bei der Tem-peratur x hatte ſich V' ſo ausgedehnt, daß es das ganze Inſtrument erfüllte, d. h. denſelben Raum einnahm, den V bei der Temperatur T eingenommen. — Dividirt man die obigen Gleichungen durcheinan-der, ſo erhält man: $\frac{1 + \frac{t}{\delta}}{1 + \frac{x}{\delta}} = \frac{1 + \frac{t'}{\delta}}{1 + \frac{T}{\delta}}$ oder: $\frac{\delta + t}{d + x} = \frac{\delta + t'}{\delta + T}$; woraus ſich ergiebt: $x = \frac{\delta + T}{\delta + t'}(\delta + t) - \delta$, oder:

$x = \frac{(t - t' + T)\,\delta + t\,T}{\delta + t'}$. — Da Colladon und Sturm den Unterſchied in der Zuſammendrückbarkeit des Queckſilbers und des Glaſes für den Druck einer Atmoſphäre von $0^m,76$ Queckſilber oder $10^m,32$ Waſſerhöhe zu $\frac{1,73}{1000000}$ gefunden haben, ſo beträgt die Queckſilbermenge, die durch den Druck von einer ſolchen Atmoſphäre verhindert worden aus dem Inſtrumente zu entweichen, $\frac{1,73}{1000000} \cdot V'$, und wenn man dieſe Größe in Graden des Inſtrumentes ausdrückt: $\frac{1,73 \cdot V'}{1000000} \cdot \frac{\delta}{V}$ Grade. — Da nun V' nur um ſehr wenig von V unterſchieden iſt, ſo kann man beide, ohne einen Fehler zu begehen, einander gleich ſetzen, und erhält dann: $\frac{1,73}{1000000}\,\delta$. Bezeichnet nun h die Höhe der Waſſerſäule, die, wenn das Inſtrument in die Tiefe herabgelaſſen iſt, auf daſſelbe drückt, ſo iſt, da $10^m,32 = 32,8$ preußiſche Fuß: $\frac{h}{32,8}$ dieſe Höhe in Atmoſphären ausgedrückt, und folglich iſt: $\frac{1,73}{1000000} \cdot \frac{\delta h}{32,8}$ die Anzahl von Graden, um die ſich das Queckſilber weniger ausgedehnt hat, als es ſich ausgedehnt haben würde, wenn es dieſem Drucke nicht ausgeſetzt geweſen wäre; man muß daher dieſe Größe noch zu dem obigem Werthe von x hinzufügen, wodurch dieſer dann wird $x = \frac{(t - t' + T)\,\delta\,T + t}{\delta + t'} + \frac{1,73}{1000000} \cdot \frac{\delta h}{38,8}$. Da δ für alle gebräuchliche Thermometerſcalen, ſelbſt die Fahrenheitſche, ſehr groß iſt, im Vergleich mit t', t und T, ſo ſind die nicht mit δ multiplicirten Glieder ſehr klein, in Vergleich mit den übrigen, und können daher gänzlich vernachläſſigt werden, wodurch man erhält: $x = t - t' + T + \frac{1,73}{1000000} \cdot \frac{\delta h}{32,8}$.

Zur **Prüfung** u. **Berichtigung** eines Thermometers gibt **Baumgartner** folgende Anleitung. Ein Thermometer, in welchem die Queckſilberſäule durch Luftblaſen getrennt iſt, oder welches in der Kugel eine Luftblaſe enthält, iſt verwerflich; denn ſolche Luftblaſen verbleiben nicht immer an einem und demſelben Orte, ſondern begeben ſich oft, beſonders beim Umkehren oder Neigen des Inſtruments, in den Raum über der thermometriſchen Flüſſigkeit. Wenn daher auch die Ausdehnung der Luft bei der Beſtimmung der Fundamentalpunkte mitgewirkt hat und demnach das Thermometer von dieſer Seite nicht unrichtig wäre, ſo hört doch dieſes auf, wenn ſie den Raum über dem Queckſilber einnimmt. In dieſem Raume ſoll ſich überhaupt ſo wenig als möglich Luft befinden, wenn das Inſtrument oben geſchloſſen iſt. Man pflegt darum auch ein Thermometer zu neigen und umzukehren, um zu ſehen, ob die Queckſilberſäule bis nahe an das Ende der Röhre hinabſinkt.

Geſchieht dieſes, ſo kann man ſicher ſein, daß ſich über dem Queckſilber keine Luft befindet, es müßte nur die Röhre gar eng ſein, denn in dieſem Falle ſinkt ſelbſt in luftleeren Inſtrumenten das Queckſilber nicht ganz hinab, und kann höchſtens durch mehre Stöße dahin gebracht werden. Bei dieſem Umkehren des Thermometers ſieht man auch am beſten, ob irgendwo ein Luftbläschen verſteckt ſei. In größern Thermometern ſinkt die ganze Queckſilberſäule ohne abzureißen hinab, und es entſteht in der Kugel ein leerer Raum, der aber beim Aufſtellen des Inſtrumentes wieder verſchwindet, ohne die mindeſte Spur zurückzulaſſen. Trennt ſich die Queckſilberſäule, ſo findet ſich an der Trennungsſtelle gewiß etwas Luft oder eine Unreinigkeit. Uebrigens ſind Bläschen in der Kugel minder zu ſcheuen als in der Röhre, weil dieſe ſelten über den Hals der Kugel hinaufſteigen. — Iſt ein Thermometer von dieſer Seite richtig befunden worden, ſo hat man auf die Scale zu ſehen. Das Materiale derſelben ſoll nie eine hygroſcopiſche Subſtanz, wie z. B. Elfenbein, unlackirtes Holz ſein, weil dieſes ſich beſtändig ändert; die Theilſtriche müſſen unter der Röhre ganz durchgezogen erſcheinen, und nicht zu dick, wenigſtens nicht ungleich dick ſein. Daß die Scale gut getheilt ſein muß, verſteht ſich von ſelbſt. Ein Hauptaugenmerk verdienen die zwei Fundamentalpunkte. Dieſe werden gar häufig unrichtig beſtimmt, und erleiden ſelbſt mit der Zeit eine Veränderung. Darum ſoll man an jedem Inſtrumente, das man zu genauen Arbeiten brauchen will, vorläufig dieſe Punkte beſtimmen. — Wenn ſich auch ein Thermometer bei allen dieſen Prüfungen bewährt hat, ſo kann es doch noch manchen Unrichtigkeiten unterworfen ſein, weil vielleicht die Röhre nicht vollkommen cylindriſch iſt, und doch die Scale für eine cylindriſche Röhre getheilt wurde. Um dieſes auszumitteln, ſucht man die Queckſilberſäule an einer Stelle zu trennen. Dieſes erreicht man dadurch, daß man die Röhre an der Stelle, wo die Trennung erfolgen ſoll, über einer Weingeiſtflamme erhitzt. Mit der getrennten Säule verfährt man ſo, als wollte man damit die Röhre calibriren, man ſchiebt ſie längſt der Scale hin, ſo weit dieſes angeht und ſieht zu, ob ſie überall durch gleich viele Grade der Scale reicht. Nach dieſer Operation vereinigt man das getrennte Stück wieder mit der Queckſilberſäule, indem man durch Neigen der Röhre die Säule zu dem Reſte des Queckſilbers hinabgleiten läßt, und im Nothfalle noch mit einigen Erſchütterungen zu Hilfe kommt. — Man kann auch ein Thermometer im Allgemeinen dadurch prüfen, daß man ſeinen Stand mit dem eines andern anerkannt richtigen in verſchiedenen Punkten der Scale unter denſelben Verhältniſſen vergleicht. Hierbei darf man aber ja nicht vergeſſen, daß zwei Inſtrumente, deren Kugeln nicht ganz gleiche Durchmeſſer oder Wanddicken haben, einen verſchiedenen Grad der Empfindlichkeit beſitzen, und muß daher die Zeit gehörig abwarten, wo beide die Temperatur des Mittels, in dem ſie ſich befinden, ganz angenommen haben, und auch dieſe Temperatur möglichſt lange zu unterhalten ſuchen. Wenn man die vorhergehenden Prüfungsregeln mit Schärfe anwendet, ſo wird man ſich überzeugen, daß kein Thermometer ganz vollkommen iſt. Ein Inſtrument, das eine hygro-

ſcopiſche Scale hat, deſſen Theilung ſchlecht gemacht iſt, deſſen Röhre ſprungweiſe gehende Unregelmäßigkeiten hat, wird nie durch Berichtigung auf einen erträglichen Grad der Genauigkeit gebracht werden können. Zeigen ſich aber nur ſtufenweiſe erfolgende Abweichungen der Röhre von der cylindriſchen Geſtalt, oder ſind die Fundamentalpunkte unrichtig beſtimmt, ſo kann man die Größe der daraus entſpringenden Fehler kennen lernen, und ſie beim Gebrauche in Rechnung bringen. Wie man zu dieſer Kenntniß gelangt, ſoll hier nach der von Beſſel angegebenen vortrefflichen Methode gezeigt werden.*)

Eine andere und wie es ſcheint, ſehr zuverläſſige Berichtigungsmethode empfiehlt Egen. Er verſieht zuerſt das Thermometer mit einer Scale von ſo feiner aber übrigens willkürlicher Theilung, daß je zwei Theilſtriche nur etwa um 0,07 L. von einander abſtehen, trennt von der Queckſilberſäule einen Faden, deſſen Länge etwa 30° der Thermometerſcale beträgt und beobachtet die Länge dieſes Fadens, indem er ſein unteres Ende von 200 — 200 Th. der willkürlichen Scale verſchiebt, bis ſein oberes Ende den höchſten Punkt der Thermometerröhre erreicht hat. Dieſe Beobachtung wird mit einer Loupe vorgenommen, etwa dreimal wiederholt und im Falle ſich Differenzen zeigen, aus allen drei Werthen das Mittel genommen. Da der Raum, welchen der Faden

---

*) An jedem Thermometer hat man für jeden Grad x der Scale die Correction φx und dann noch überdieß den Eis- und Siedpunkt auszumitteln. Bezeichnet man den Ort des Eis- und Siedpunktes auf der Scale mit e und s und ihre Correction mit φe und φs, ſo findet man an einem hunderttheiligen Inſtrumente den wahren Grad, welcher dem Punkte x der Scale entſpricht, durch die Proportion

$$s + \varphi s - (e + \varphi e) : 100 = x + \varphi x - (e + \varphi e) : f$$

woraus man erhält

$$f = \frac{x + \varphi x - (e + \varphi e)}{s + \varphi s - (e + \varphi e)} \cdot 100.$$

Es handelt ſich demnach darum, φx, φe und φs zu beſtimmen. Die Beſtimmung von φx iſt am umſtändlichſten; von ihr ſoll daher zuerſt die Rede ſein.

Die Operation, wodurch man die zur Beſtimmung von φx nöthigen Werthe findet, beſteht darin, daß man von der Queckſilberſäule hinter einander Stücke von verſchiedener Länge abtrennt und mit jedem derſelben den Theil der Scale, durch den es ſich ſchieben läßt, calibrirt, indem man das eine Ende der Säule auf einen mit einer runden Zahl bezeichneten Theilſtrich der Scale ſtellt und ſieht, wohin das andere Ende reicht. Man muß aber beim Trennen der Säule durch das vorhin angegebene Mittel vorſichtig zu Werke gehen, um das Glas nicht zu beſchädigen. Die Länge dieſer Fäden iſt zwar willkürlich, doch ſoll der erſte über die halbe Scale des Thermometers ſich erſtrecken, die man berichtigen will und jeder folgende etwa um 10° kürzer ſein. Die Länge des letztern ſoll aber kleiner ſein, als die halbe Länge des erſtern. Je mehr Fäden man braucht, deſto ſicherer laſſen ſich die beabſichtig-

unten verläßt, offenbar dem gleicht, um welchen ſein oberes Ende hin-auf rückt, ſo lernt man dadurch das Verhältniß der Räume kennen, die innerhalb 200, 400, 600, 800 u. ſ. w. Th. der Scale liegen, und um die ganze Fadenlänge von einander entfernt ſind. Um auch den innerhalb der Fadenlänge enthaltenen Raum unterſuchen zu können, wird ein Faden von etwa 10° Länge abgetrennt und mit demſelben ein Stück der Röhre unterſucht, das ſich bei der vorhergehenden Prüfung am regelmäßigſten gezeigt hat, und deſſen Länge der vorhin gebrauchten Fadenlänge (30°) gleicht. Nun ſind die Verhältniſſe der Räume der Röhre bekannt bis auf ein Stück von der Länge des letzteren Fadens. Kann man der Natur der Röhre nach annehmen, daß 10° lange Stücke allenthalben gleich weit ſind, ſo kann man die Unterſuchung für been-

---

ten Correctionen ausmitteln. Baumgartner hat bei der Prüfung eines Thermometers, das von Weilhöfer in Wien verfertigt iſt, und ſehr kleine Unregelmäßigkeiten zeigte, nach dieſer Methode folgende Werthe erhalten:

Unteres Ende des Fadens.	Oberes Ende des Fadens.			
	I.	II.	III.	IV.
— 20	20	—	—	—
— 10	30,4	24,7	—	—
0	40,5	34,8	24,5	11,1
+ 10	50,6	44,9	34,55	21,1
20	60,6	54,9	44,55	31,1 (A).
30	70,5	64,8	54,50	41,05
40	—	74,7	64,4	51,0
50	—	—	74,3	61,0
60	—	—	—	71,0

Um aus dieſen Daten die jedem Werthe x entſprechende Correction φx zu finden, drücke man alle Queckſilberfäden in einem gleichen aber an ſich willkürlichen Maße aus, und denke ſich jeden derſelben an die Stelle der vorhin gebrauchten Fäden gebracht, ſo daß ſein unteres Ende auf den Grad fällt, auf welchen der wirklich gebrauchte Faden fiel. Vergleicht man nun die Stelle ſeines oberen Endes mit der, welche der Faden in der Länge, wie er im Thermometer erſcheint, einnimmt, ſo gibt der Unterſchied eine Correction für den Punkt, auf welchen das untere Ende fällt. Daher iſt das untere Ende durch das obere beſtimmt, und da dieſes mit jedem Faden geſchieht, ſo erhält man ſo viele Beſtimmungen deſſelben Scalenpunktes, als man Fäden gebraucht hat, und das Mittel derſelben gibt die Correction, wenn man die Verbeſſerung für das andere Ende des Fadens vernachläſſigt. Dieſes Verfahren wird eine wirkliche Berechnung aus den vorher angeführten Daten mehr ins Licht ſetzen.

Man drücke die Länge jedes Fadens nahe ſo aus, wie er am untern Theile der Scale erſcheint, ſetze aber allen, den erſten ausgenommen, eine Correction

digt halten, iſt dieſes aber nicht der Fall, ſo muß man noch einen dritten Faden von etwa 3° Länge anwenden und mit dieſem ein 10° langes Röhrenſtück in der Gegend, wo ſich vorhin die größte Unregelmäßigkeit zeigte, unterſuchen. Nun legt man ein Röhrenſtück, wo möglich aus der Mitte der Röhre von 200 Th. Länge zum Grunde und berechnet den räumlichen Inhalt der andern Stücke von derſelben Länge nach dem Geſetze, daß ſich dieſe Rauminhalte verkehrt wie die Längen der Queckſilberſäulen verhalten. Iſt nun an dem Thermometer der Eis- und Siedpunkt genau beſtimmt, mithin auch bekannt, welche Raumtheile innerhalb des Fundamentalſtandes fallen, ſo iſt der Werth jedes Grades der Thermometerſcale in Theilen der angebrachten Hilfsſcale gegeben. Daß ein ſolches Thermometer keine andere Scale mehr braucht, iſt für ſich klar, ſo wie, daß durch Anwendung der willkürlich getheil-

---

bei, damit ſich alle ungeachtet der etwaigen Ungleichheiten der Röhre auf das Maß beziehen; worin der erſte ausgedrückt iſt

Für unſern Fall iſt

$$\begin{aligned} \text{Die Länge des Fadens I.} &= 40{,}5 \\ \text{II.} &= 34{,}8 + c_1 \\ \text{III.} &= 24{,}4 + c_2 \\ \text{IV.} &= 11{,}1 + c_3 \end{aligned}$$

Nun hat man für die Werthe obiger Tafel (A), welche mit 30 in derſelben horizontalen Linie liegen:

$$\begin{aligned} 70{,}5 + \varphi\,(70{,}5) - (30 + \varphi\,30) &= 40{,}5 \\ 64{,}8 + \varphi\,(64{,}8) - (30 + \varphi\,30) &= 34{,}8 + c_1 \\ 54{,}5 + \varphi\,(54{,}5) - (30 + \varphi\,30) &= 24{,}4 + c_2 \\ 41{,}1 + \varphi\,(41{,}1) - (30 + \varphi\,30) &= 11{,}1 + c_3 \end{aligned}$$

und hieraus

$$\begin{aligned} 30 + \varphi\,30 &= 30 + \varphi\,70{,}5 \\ &= 30 + \varphi\,64{,}8 - c_1 \\ &= 30{,}1 + \varphi\,54{,}5 - c_2 \\ &= 30 + \varphi\,41{,}1 - c_3 \end{aligned}$$

Nimmt man hiervon das arithmetiſche Mittel, und ſetzt das Mittel aus den Correctionen des obern Theiles der Scale = 0, ſo erhält man:

$$30 + \varphi\,30 = 30{,}02 - \tfrac{1}{4}\,(c_1 + c_2 + c_3)$$

oder wenn man $\frac{1}{4}\,(c_1 + c_2 + c_3) = C$ ſetzt:

$$\varphi\,30 = 0{,}02 - C.$$

Auf dieſelbe Weiſe findet man mittels der Zahlen, die in obiger Tafel mit 20,10,0 in derſelben horizontalen Reihe ſtehen:

$$\begin{aligned} \varphi\,20 &= 0{,}08 - C \\ \varphi\,10 &= 0{,}08 - C \\ \varphi\;\;0 &= 0{,}00 - C. \end{aligned}$$

Setzt man nun zu dieſen Werthen die Fadenlängen, und vergleicht das Ergebniß dieſer Summirung mit dem, was die Beobachtungstabelle liefert; ſo erhält man die Correctionen für jene Stellen der Scale, wo ſich das obere

ten Scale die Sache nicht verwickelter wird, indem man eben ſo nur dieſe Scale und eine ſie erklärende Tabelle braucht, wie man bei den gewöhnlichen berichtigten Thermometern die eigentliche Thermometerſcale und die Correctionstabelle zur Hand haben muß.

Wiewohl der **Gebrauch des Thermometers** im Allgemeinen allenthalben bekannt iſt, ſo dürfte es doch nicht überflüſſig ſein, hier einige Worte über die dabei zu beobachtenden Vorſichten zu ſagen, denn es iſt nicht gleichgiltig, in welcher Stellung ein Thermometer beobach-

---

Ende des Fadens befand, während das untere Ende mit 0, 10, 20, 30 coincidirte. Man hat nämlich:

$$0 + \varphi\, 0 = 0{,}00 - C$$

dazu den Faden I. $= 40{,}5$

$$40{,}5 + \varphi\, 40{,}5 = 40{,}5 - C$$

mithin $\varphi\, 40{,}5 = 0{,}00 - C$

Eben ſo wird $10 + \varphi\, 10 = 10{,}08 - C$

Dazu den Faden I. $= 40{,}50$

$$50{,}6 + \varphi\, 50{,}6 = 50{,}58 - C$$

das iſt $\varphi\, 50{,}6 = -0{,}02 - C$

und auf ähnliche Weiſe:

$$\varphi\, 60{,}6 = -\,0{,}01 - C$$
$$\varphi\, 70{,}5 = 0{,}02 - C$$

Eben ſo erhält man durch den Faden II

$$\varphi\, 34{,}8 = 0{,}00 - C + c_1$$
$$\varphi\, 44{,}9 = -\,0{,}01 - C + c_1$$
$$\varphi\, 54{,}9 = -\,0{,}02 - C + c_1$$
$$\varphi\, 64{,}8 = 0{,}02 - C + c_1$$

Durch den Faden III

$$\varphi\, 24{,}5 = -\,0{,}01 - C + c_2$$
$$\varphi\, 34{,}55 = -\,0{,}07 - C + c_2$$
$$\varphi\, 44{,}55 = -\,0{,}07 - C + c_2$$
$$\varphi\, 54{,}5 = -\,0{,}08 - C + c_2$$

Durch den Faden IV

$$\varphi\, 11{,}1 = 0{,}00 - C + c_3$$
$$\varphi\, 21{,}1 = 0{,}08 - C + c_3$$
$$\varphi\, 31{,}1 = 0{,}08 - C + c_3$$
$$\varphi\, 41{,}1 = 0{,}02 - C + c_3$$

Allen dieſen Correctionen hängen noch die Werthe von c an. Um ſie davon zu befreien, nehme man aus allen mittels deſſelben Fadens erhaltenen Reſultaten das arithmetiſche Mittel, und ſetze das Mittel der Correctionen wieder $= 0$. Da wird

$$0 = -\,0{,}01 - 4\,C \qquad \text{mithin } c = 0{,}00$$
$$0 = -\,0{,}01 - 4\,C + 4\,c_1 \qquad c_1 = 0{,}00$$
$$0 = -\,0{,}23 - 4\,C + 4\,c_2 \qquad c_2 = 0{,}06$$
$$0 = -\,0{,}18 - 4\,C + 4\,c_3 \qquad c_3 = -\,0{,}05.$$

tet wird, wie es mit dem Stoffe, um deſſen Temperatur es ſich handelt, in Verbindung zu ſetzen ſei, mit welchen Vorſichten man deſſen Anzeigen abzuleſen, und wie man die etwa nicht zu beſeitigenden widrig wirkenden Umſtände in Rechnung zu bringen habe.

Das Erſte, worauf man beim Gebrauch eines Thermometers zu

Werden durch dieſe Werthe obige Correctionen von c befreit, ſo wird für die Ergebniſſe, die mittels des dritten und vierten Fadens erhalten wurden:

$\varphi\ 24{,}5 = 0{,}05 - C$	$\varphi\ 11{,}1 = -\ 0{,}05 - C$
$\varphi\ 34{,}55 = -\ 0{,}01 - C$	$\varphi\ 21{,}1 = 0{,}03 - C$
$\varphi\ 44{,}55 = -\ 0{,}01 - C$	$\varphi\ 31{,}1 = 0{,}03 - C$
$\varphi\ 54{,}5 = -\ 0{,}02 - C$	$\varphi\ 41{,}1 = -\ 0{,}03 - C$

Die übrigen Verbeſſerungen ſind ohnehin von c frei, weil dieſe Größe bei den Ergebniſſen mit dem erſten Faden nicht vorkommt, in den mit dem zweiten Faden erhaltenen aber $c = 0$ iſt.

Es wäre leicht, alle dieſe Correctionen von C zu befreien, da deſſen Werth bekannt iſt, aber man kann es ganz weglaſſen, weil dadurch alle Scalenpunkte um gleichviel verrückt werden, und ohnehin nach der Hand die Feſtſtellung der Scale durch Ausmittelung des Eispunktes vor ſich geht. Die hier gefundenen Correctionen beziehen ſich auf Scalenpunkte, denen Brüche angehängt ſind, und die nicht durch runde Zahlen ausgedrückt ſind. Da es ſich beſonders um Beſtimmung der Correctionen für die runden Zahlen handelt, ſo muß man dieſe von jenen herleiten. Zu dieſem Behufe bringt man alle oberen beobachteten Scalenpunkte in natürlicher Ordnung in eine Tabelle und ſetzt denen, wofür die Correction ſchon gefunden iſt, dieſe bei. Hierauf vereinigt man jene Zahlen, die nahe an einer zu ſuchenden runden Zahl liegen, zu einem arithmetiſchen Mittel, und ſucht endlich die Correction für jene runden Zahlen durch Interpoliren.

Folgende Tabellen enthalten die Grade, für welche die Correction ſchon gefunden iſt, nebſt dieſen Correctionen. Jene Grade, welche ſich zu einem arithmetiſchen Mittel vereinigen laſſen, ſtehen zwiſchen zwei Strichen:

x	φx	x	φx
11,1	— 0,05	41,1	— 0,03
21,1	+ 0,03	44,55	— 0,01
24,5	+ 0,05	44,9	— 0,01
31,1	+ 0,03	50,6	— 0,02
34,5	— 0,01	54,5	— 0,02
34,8	+ 0,00	54,9	— 0,02
40,5	+ 0,00	60,8	— 0,01
		64,8	0,02
		70,5	0,02

ſehen hat, iſt die Stellung deſſelben. Es haben ſich zwar bewährte Kenner dieſes Inſtrumentes, wie z. B. Luz, entſchieden ausgeſprochen, daß es gleichgiltig ſei, ob man dem Thermometer eine verticale oder eine horizontale Stellung gebe, indeß ſcheint die Sache doch große Aufmerkſamkeit zu verdienen. Thermometer mit kleinen Graden und kurzen Queckſilberſäulen mögen immerhin nach Belieben in horizontaler oder verticaler Lage gebraucht werden, weil das Glas bei letzterer Stellung des Inſtrumentes durch den Druck der Queckſilberſäule wohl nicht ſo ſehr afficirt werden wird, daß daraus ein merklicher Unterſchied im Stande der Queckſilberſäule hervorgehen kann; aber an langen Thermometern erleidet das Glas durch den Druck der Queckſilberſäule eine Ausdehnung, und es entſpricht bei verticaler Stellung dieſes Inſtruments demſelben Wärmegrade eine kürzere Queckſilberſäule als bei horizontaler. Das Wiener Muſeum beſitzt ein 3 Fuß langes Thermometer von Weilhöfer, das vorzüglich gut conſtruirt iſt. Der ganze

---

Hieraus findet man folgende arithmetiſche Mittel und ihre Verbeſſerungen:

x	φx	x	φx
25,56	+ 0,03	56,65	— 0,01
39,9	+ 0,00	67,65	— 0,01
45,41	0,00		

und aus allen Verbeſſerungen zuſammen durch Interpoliren:

$\varphi\ 0 = 0{,}00$	$\varphi\ 40 = \quad 0{,}00$
$\varphi\ 10 = 0{,}08$	$\varphi\ 50 = \quad 0{,}02$
$\varphi\ 20 = 0{,}08$	$\varphi\ 60 = -\ 0{,}01$
$\varphi\ 30 = 0{,}02$	

Zur Beſtimmung der Correctionen von — 10°, — 20° braucht man die wahre Fadenlänge zu kennen. Dieſe wird bekannt, wenn man ſie von dem anhängenden c befreit, und man bekommt:

I. = 40,5, II. = 34,8, III. = 24,46, IV. = 11,05)

Nun nimmt man aus der erſten Tabelle jene Ergebniſſe, bei denen das untere Fadenende auf — 20 — 10 u. ſ. w. ſtand, ſetzt dem oberen Ende die aus dem Vorhergehenden ſich entſprechenden Verbeſſerungen zu, und zieht dann die Fadenlänge, auf welche ſich dieſes bezieht, ab, ſo erhält man φ — 20, φ — 10 u. ſ. w. Es iſt nämlich für unſeren Fall:

$$20{,}3 + \varphi\ 20{,}3 = 20{,}80$$

davon den Faden I. $= 40{,}50$

gibt $\varphi\ (-\ 20) = -\ 0{,}3$

eben ſo wird $\varphi\ (-\ 10) = -\ 0{,}06$

Fundamentalabſtand hat eine Länge von $22\frac{1}{2}$ Zoll und jeder Grad iſt in 5 gleiche Theile unmittelbar getheilt. Dieſes Inſtrument gibt beim Uebergang der verticalen Stellung in die horizontale eine Differenz von nahe $\frac{1}{10}$ Grad. Solche Thermometer müſſen daher immer in einerlei Stellung und zwar in derjenigen beobachtet werden, in welcher die Fundamentalpunkte, beſonders der Siedpunkt, beſtimmt worden ſind. Aber ſtets wird man ſicherer daran ſein, wenn letztere Beſtimmung in horizontaler Lage der Röhre gemacht worden iſt, weil man ſonſt nicht mit Gewißheit weiß, ob ſich das Glas in der Siedhitze eben ſo durch einen Druck ausdehnt, wie bei gewöhnlichen Temperaturen. Doch muß man ja darauf ſehen, daß Thermometer, die in horizontaler Stellung beobachtet werden, nicht etwa zwiſchen dem Queckſilber ein Luftbläschen enthalten, weil dieſes bei Ermanglung eines Druckes die Queckſilberſäule hebt, und dadurch einen Irrthum bei der Beobachtung der Temperatur veranlaßt. — Das Thermometer muß mit der Maſſe, um deren Temperatur es ſich handelt, ſo weit in unmittelbare Berührung gebracht werden, als die Queckſilberſäule reicht, damit die durch ſie verurſachte Erwärmung oder Erkältung auf alles Queckſilber des Inſtrumentes wirke. Wenn einem von der zu unterſuchenden Maſſe nicht die nöthige Quantität zu Gebote ſteht, um die volle Einſenkung des Thermometers bewerkſtelligen zu können, und man dem Beobachtungsreſultate doch nichts von der größten Schärfe erlaſſen kann, ſo muß man zu einer Correction ſeine Zuflucht nehmen. Geſetzt ein hunderttheiliges Thermometer gebe die Temperatur eines Körpers mit t° an, und es ſei nicht möglich, die ganze Queckſilberſäule in die Maſſe zu tauchen, ſondern es rage eine Säule λ° aus dieſer Maſſe in die Luft oder in ein anderes Mittel hervor, deſſen Temperatur τ iſt; ſo kann man annehmen, daß auch die hervorragende Queckſilberſäule die Temperatur τ habe, mithin durch Temperaturveränderung von $t - \tau^{\circ}$ um $\frac{t - \tau}{5550}\ \lambda^{\circ}$ länger

---

Man kann alle nun gefundenen Verbeſſerungen dazu brauchen, um die oberen Fadenenden in der erſten Tabelle dadurch zu corrigiren, mit ſo erhaltener neuen verbeſſerten Tabelle das ganze Verfahren wieder von neuem vornehmen, um noch genauere Werthe von φ zu finden. In unſerem Falle ſind die Verbeſſerungen ohnehin ſehr klein, und man kann ſich dieſe Arbeit wohl erlaſſen.

Um nun das Thermometer in Betreff der fixen Punkte zu berichtigen, muß man den Eis- und Siedpunkt beſtimmen für $s + \varphi s$, $e + \varphi e$ die Werthe in der Formel ſetzen, und daraus $f - x$ ſuchen. Bei dem hier in Rede ſtehenden Thermometer fiel der Eispunkt auf 0,2, der Siedpunkt aber auf 100,1. Man hat daher

$$e + \varphi e = -0{,}2,\ s + \varphi s = 100{,}1 \text{ und}$$

$$f = (x + \varphi x)\ 1{,}001 + 0{,}02$$

und daher die Correction für jeden einzelnen Grad

$$f - x = 0{,}001\ x + 1{,}001\ \varphi x - 0{,}02.$$

werde. Darum wird letztere Größe die Correction ſein, welche man mit ihrem Zeichen zur beobachteten Temperatur t zu ſetzen hat, um die erſte Annäherung zu erhalten. Die ſo gefundene Temperatur kann man wieder für t ſetzen, wieder die Correction und mittels dieſer eine zweite Annäherung erhalten. Man wird es aber in den wenigſten Fällen nothwendig finden, über die erſte Annäherung hinaus zu gehen. — Wenn es ſich darum handelt, die Temperatur flüſſiger Stoffe zu unterſuchen, ſo darf man ja nicht vergeſſen, daß dieſe in verſchiedenen Horizontalſchichten verſchieden ſein kann, und muß deßhalb die Temperatur einer beſonderen Schicht unterſuchen, oder aus den Reſultaten der Unterſuchung mehrer Schichten das Mittel nehmen. Wenn man aber bei der Temperaturbeſtimmung einer Schicht ein reines Reſultat haben will, ſo iſt die horizontale Lage des Thermometers unerläßlich. Ueberdieß muß man aber da, wo es ſich um beſonders ſcharfe Reſultate handelt, den Umſtand wohl berückſichtigen, daß das Queckſilbergefäß eines Thermometers in tiefliegenden Schichten eine Compreſſion erleidet, und darum die Temperatur zu hoch erſcheint. Daſſelbe iſt der Fall, wenn man die Temperatur eines comprimirten Gaſes, beſonders mit einem luftleeren Thermometer unterſucht. Um ſowohl in dieſem als in jenem Falle die Wirkung der Compreſſion zu erfahren, iſt es gut, vorläufig den Verſuch mit einer Flüſſigkeit zu machen, welche die Temperatur der Atmoſphäre hat, und die daher den Stand des hinein gebrachten Thermometers, das ſich in der Luft befand, nur vermöge der Compreſſion des Queckſilbergefäßes zu ändern vermag. Auf dieſe Wirkung muß man bei der Beſtimmung des Endreſultates Rückſicht nehmen. — Soll durch ein Thermometer die Temperatur der Luft ausgemittelt werden, ſo muß man es an einen Ort bringen, zu welchem zwar die Luft von allen Seiten Zutritt hat, der aber doch gegen Regen, Wind u. ſ. w. und ſowohl gegen das direkte Sonnenlicht, als gegen ſtrahlende Wärme möglichſt geſchützt iſt. Darum darf ein ſolches Inſtrument nur an der Nordſeite eines Gebäudes aufgeſtellt werden, muß hinreichend von der Mauer entfernt ſein, und ſich in einem von oben und ſeitwärts geſchützten, am beſten blechernen, durchlöcherten Kaſten befinden. Nur wenn es dem Beobachter darum zu thun iſt, die während einer Nacht durch Ausſtrahlen der Wärme hervorgebrachte Erkaltung kennen zu lernen, muß das Thermometer von der Decke befreit, und dem freien Himmel ausgeſetzt werden. Thermometer mit hölzernen, die Wärme langſam leitenden Scalen, ſind zu dieſem Ende nicht wohl zu brauchen, weil ihr Gang ſtets hinter der Temperatur der Atmoſphäre um Vieles zurück bleibt. Uebrigens wird man bei aller Sorgfalt nicht erwarten dürfen, daß man bei Beobachtungen der Luftwärme ein vollkommen richtiges Reſultat erhalte, denn der Thermometerſtand iſt ſo veränderlich, daß man ſelbſt bei jeder von ſchnell aufeinander folgenden Beobachtungen ein anderes Reſultat finden wird, welches theils vom Wechſel kälterer und wärmerer Luftſchichten, theils von der größeren oder minderen Einwirkung der Meteore und der ſtrahlenden Wärme abhängt und es bleibt dem Beobachter nichts übrig, als mit dem Schlag der Stunde, die man zum Beobachten beſtimmt hat, an die

Arbeit zu gehen, und etwa einige Minuten darnach noch einen Blick auf das Thermometer zu werfen, um etwa die Natur der die ſchnellen Veränderungen erzeugenden Urſachen leichter ausmitteln zu können. Bei der Beobachtung des Thermometerſtandes hat man mit gehöriger Eile zu verfahren, um den Stand der Queckſilberſäule nicht durch die Körperwärme zu ändern und muß ſorgen, daß das Auge in derſelben horizontalen Ebene ſteht, in welcher ſich die Oberfläche der Queckſilberſäule und der betreffende Theilſtrich der Scale befindet. Man hat Thermometer, bei denen die Scale an den zwei einander gegenüberſtehenden Seiten unmittelbar in das Glas eingeſchnitten iſt. Bei dieſen iſt es leicht, den rechten Ort für das Auge zu finden, weil man weiß, er befinde ſich in der Höhe jenes Scalenſtriches, der den gleichbedeutenden der anderen Seite zu decken ſcheint. Indeß kann man auch bei Thermometern mit einer einfachen Scale dieſen Ort ohne beſondere Mühe finden, denn derjenige Theilſtrich der Scale, der mit dem Auge in derſelben Horizontalebene liegt, erſcheint, wenn er hinter der Röhre durchgezogen iſt, gerade, während die darunter oder die darüber liegenden ſich gekrümmt zeigen. — Das Queckſilberthermometer, deſſen man ſich faſt ausſchließlich bedient, iſt nach den oben angeführten Verſuchen von Dulong und Petit nur bis 100° C. ein richtiger Wärmemeſſer; über dieſe Grenze hinaus muß man eine Correction anwenden, um aus ſeinen Anzeigen den wahren Wärmegrad zu erkennen. Dieſe Correction hat Auguſt aus den von Dulong und Petit angeſtellten Verſuchen, die Vergleichung des Queckſilber- und Luftthermometers betreffend, abgeleitet, indem er ſich überzeugte, daß die derſelben Temperatur entſprechenden Grade bei dem Thermometer, Unterſchiede geben, deren zweite Differenzenen (= 0,35) conſtant ſind. Dadurch wurde er auf die Formel

$$\delta = \frac{1}{4}\,(0{,}09\ \tau + 0{,}00028\ \tau^2)$$

geleitet, wo τ die Anzahl der über 100° liegenden Grade des hunderttheiligen Queckſilberthermometers, und δ die zu ſuchende Correction bedeutet. Heißt nun der wahre Wärmegrad t_w, der Grad des Queckſilberthermometers t_q, ſo iſt

$$\delta = t_q - t_w$$

und daher

$$t_w = t_q - \frac{1}{4}\,\tau\,(0{,}09 - 0{,}00028\ \tau).$$

Dieſe Formel gibt aber nur bis 300° genaue Reſultate, weiter aufwärts wird t_w wohl etwas zu klein, doch iſt die Abweichung im Ganzen ſo gering, daß man die Formel bis zum Siedpunkt des Queckſilbers benutzen kann.

Die zur Reduction der hohen Thermometergrade nöthigen Zahlen ſind in nachſtehender Tabelle enthalten.

Grade des 100theil. Queckſilber-therm.	wahre Wärme-grade.	Differenz.	Grade des 100theil. Queckſilber-therm.	wahre Wärme-grade.	Differenz.
101°	100°,977	0,023	200°	197°,075	2,925
105	104,886	0,114	205	201,893	3,107
110	109,768	0,232	210	206,708	3,292
115	114,647	0,353	215	211,520	3,480
120	119,523	0,477	220	216,328	3,672
125	124,396	0,604	225	221,133	3,867
130	129,264	0,736	230	225,934	4,066
135	134,130	0,870	235	230,732	4,268
140	138,992	1,008	240	235,527	4,473
145	143,841	1,159	245	240,318	4,682
150	148,702	1,298	250	245,106	4,894
155	153,559	1,441	255	249,891	5,109
160	158,407	1,593	260	254,671	5,329
165	163,265	1,735	265	259,450	5,550
170	168,094	1,906	270	264,224	5,776
175	172,933	2,067	275	268,995	6,005
180	177,764	2,236	280	273,761	6,239
185	182,600	2,400	285	278,527	6,473
190	187,428	2,572	290	283,288	6,712
195	192,253	2,747	295	288,046	6,954
			300	292,800	7,200

Eines der empfindlichſten Inſtrumente, welches ſich an die Thermometer anſchließt, aber zur Meſſung der Temperaturveränderungen nicht zu brauchen iſt, iſt Rumford's Thermoſkop oder Mikrocalorimeter. Zwei Glaskugeln von 1 bis 1,5 Zoll Fig. 352. Durchmeſſer, a und b, werden durch die 3 F. lange oder noch längere 1 bis höchſtens 1,5 Lin. weite Röhre cd verbunden, mit etwas gefärbtem Alkohol gefüllt, durch Sieden von dieſem luftleer gemacht und dann durch Zuſchmelzen der feinen Spitze an der einen Kugel a, gänzlich verſchloſſen. Von dem Weingeiſte bleibt ohngefähr ſo viel in dem Apparate zurück, daß jede der Kugeln damit etwa zum vierten Theil angefüllt iſt, und dann bringt man einige Tropfen davon in die Röhre bei a, welche durch ihre Bewegung nach c oder d hin, die Temperaturveränderung in den Kugeln b oder a anzeigen. Eine eigentliche Meſſung der Wärmegrade iſt mit dieſem Inſtrumente ganz unmöglich, allein es iſt dagegen ſo empfindlich, daß man den Temperaturunterſchied von $\frac{1}{1000}$ eines Grades nach R. daran beobachten kann. Dieſe Empfindlichkeit ſteigt mit der Größe der Kugeln, der Engigkeit der Röhre, welche daher am beſten nur 1 Lin. weit iſt, und der Länge der letzteren, unter der Bedingung, daß man ſehr reinen Alkohol oder Aether genommen und das Ganze vollſtändig von Luft befreit habe.

Auch feſte Körper ſind zur Herſtellung von Thermometern, namentlich zu Beobachtung hoher Temperaturen benutzt worden, in welchem Falle ſie aber den Namen Pyrometer erhalten. S. d. Art. Ausdehnung (feſter Körper) und Pyrometer. Empfindliche Inſtru-

mente, **Metallthermometer**, erhält man, wenn man die ungleiche Ausdehnung zweier Metalle zum Meſſen der Temperatur benutzt. Das **Zifferblattthermometer** und das **Breguet**'ſche Thermometer ſind die bemerkenswertheſten derartigen Inſtrumente.

Fig. 353. zeigt eine der gewöhnlichſten Anordnungen des **Zifferblatt-Thermometers**. fgh iſt ein Metallſtreif, ähnlich denjenigen, deren man ſich zu Compenſationen (ſ. d. Art.) bedient. Er beſteht aus einem kleinen Kupferſtreif und einem kleinen Stahlſtreif, welche ihrer ganzen Länge nach an einander gelöthet ſind. Dieſer Doppelſtreif iſt in f befeſtigt; krümmt ſich in g und endet in h. Um die Axe b dreht ſich ein Hebel, deſſen kürzerer Arm fortwährend gegen das Ende h geſtemmt iſt, und deſſen längerer Arm Zähne dd′ trägt. Die ſehr kleinen Bewegungen, welche durch die Ausdehnung des Metalles am Ende h erzeugt werden, werden ſchon in dem Verhältniſſe der Hebelarme (ſ. d. Art. **Hebel**) vergrößert; nachher greifen aber die Zähne dd′ in ein kleines Getriebe, welches um die in der Mitte liegende Axe c ſich dreht, und die Nadel li, welche ſich um dieſelbe Axe dreht, zeigt die Bewegungen des Getriebes in noch größerem Maße. Man berechnet die Dimenſionen ſo, daß ungefähr die 100° der hunderttheiligen Scale einer ganzen Umdrehung der Nadel entſprechen, welche Rechnung nach den einfachen Geſetzen des Hebels ſich leicht bewerkſtelligen läßt. Die Graduirung dieſer Inſtrumente geſchieht durch Vergleichung mit einem guten Queckſilberthermometer, wo möglich von Grad zu Grad, wenigſtens von 10 zu 10 Grad.

Das feinſte und bequemſte aller Metallthermometer iſt das von **Breguet**. Daſſelbe beſteht aus einem kleinen Metallſtreif von 1 bis 2 Millim. Breite, der in Geſtalt einer Spirale gewunden iſt, wie wie Fig. 354. zeigt. Mit dem einen Ende iſt die Spirale an ein Kupferſtück befeſtigt, welches dieſelbe vollkommen frei und iſolirt läßt, und an dem unteren Ende trägt ſie eine ſehr leichte horizontale Nadel, deren Spitze den Umkreis des eingetheilten Kreiſes cc′ durchläuft; der Kreis iſt ausgeſchnitten und ruht auf 3 ſehr dünnen Füßen, ſo daß die Luft freien Zugang zu allen Windungen der Spirale hat. Eine Glocke bedeckt den Apparat, um ihn vor jeder Beunruhigung von Außen zu ſchützen. Der Streif, aus dem die Spirale beſteht, iſt aus drei übereinandergelegten Metalllagen zuſammen geſetzt: Silber, Gold und Platin. Die Goldlage, welche in der Mitte liegt, dient zur Löthung für die beiden andern Metalle. Die Zuſammenſetzung hat anfangs eine merkliche Dicke, aber man plättet ſie bis ihre Geſammtdicke nur $\frac{1}{50}$ Millimeter beträgt. Man kann hiernach ſich eine Vorſtellung von der ungemein geringen Maſſe des Inſtrumentes machen, und folglich von der Schnelligkeit, mit welcher es die Temperatur der Luft annimmt, welche ſie berührt. Durch die ungleiche Ausdehnung des Platins und des Silbers, dreht ſich die Spirale aus oder zuſammen, wenn ſich die Temperatur erhebt oder erniedrigt, und die Nadel bewegt ſich um jenen Bewegungen zu gehorchen. Man graduirt dieſes Inſtrument, indem man

ſeinen Gang mit dem eines ſehr empfindlichen Queckſilberthermometers vergleicht.

Um das Breguetſche Thermometer zur Beobachtung des Maximums und Minimums einzurichten, höhle man in der Mitte des graduirten Kreiſes, auf dem ſich die Spitze der Nadel bewegt, eine mit dieſem Kreiſe concentriſche Furche aus, und bringe in oder auf dieſer Furche zwei ſehr leichte und leichtverſchiebbare Laufer zu beiden Seiten der Nadel an. Dieſe werden durch die bewegte Nadel bis zum Maximum und Minimum fortgeſchoben werden und daſelbſt liegen bleiben. Die Schraubenwindung des Thermometers muß ſtark genug ſein, damit die Bewegung der Nadel durch den kleinen Widerſtand des Laufers, kein Hinderniß erfahre.

Thierkreis oder (griech.) **Zodiakus** iſt eine der Ekliptik parallele Zone (Gürtel) des Himmels, welche ſich auf beiden Seiten der Ekliptik bis zu 10 Grad von derſelben entfernt, in welcher ſich ſowohl die Sonne als ſämmtliche ältere Planeten aufhalten, (d. h. ſie werden ſtets in der Nähe der Sterne dieſer Himmelsgegend erblickt), und in 12 gleiche Theile oder **Zeichen** getheilt wird. Jedes dieſer Zeichen nimmt mithin $\frac{360}{12} = 30°$ ein. Die Namen derſelben nannten ſchon die Alten nach den 12 Sternbildern, welche den Thierkreis bilden. Sie ſind in der Ordnung wie ſie vom Frühlingspunkte gegen Oſten auf einander folgen, nachſtehende:

Zeichen	Länge	Zeichen	Länge
Widder ♈	0° bis 30°	Wage ♎	180° bis 210°
Stier ♉	30° = 60°	Scorpion ♏	210° = 240°
Zwillinge ♊	60° = 90°	Schütze ♐	240° = 270°
Krebs ♋	90° = 120°	Steinbock ♑	270° = 300°
Löwe ♌	120° = 150°	Waſſermann ♒	300° = 330°
Jungfrau ♍	150° = 180°	Fiſche ♓	330° = 360°

Man hat die lateiniſchen Namen dieſer Sternbilder in 2 Verſe zuſammengeſtellt, um ſie dem Gedächtniſſe leichter einprägen zu können:

Sunt: Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo,
Libraque, Scorpius, Arcitenens, Caper, Amphora, Pisces.

Beſſer ſind folgende lateiniſche Verſe des **Manilius**:

Aurato princeps *Aries* in vellere fulgens
Respicit admirans aversum surgere *Taurum*,
Summisso vultu *Geminos* et fronte vocantem.
Quos sequitur *Cancer*, Cancrum *Leo*, *Virgo* Leonem.
Aequato tum *Libra* die cum tempore noctis
Attrabit ardenti fulgentem *Scorpion* astro;
In cujus caudam contentum dirigit arcum
Mixtus equo, volucrem missurus jamque sagittam.
Tum venit angusto *Capricornus* sidere flexus.

Post hunc inflexam diffundit *Aquarius* urnam
Piscibus assuetas avide subeuntibus undas,
Quos Aries tangit claudentes ultima signa. *)

Die Alten pflegten durch dieſe Zeichen die Länge der Sonne und aller Sterne in der Art zu bezeichnen, daß ſie z. B. die Länge der Sonne für den Auguſt, welche 136 Grad beträgt mit ♌, 16 (16 Grad des Löwen) bezeichneten. Vergleicht man dieſe Zeichen mit den wirklichen Sternbildern der Ekliptik, wie dieſelbe auf dem Globus erſcheint, ſo ſieht man dieſe Sternbilder ſämmtlich um ein Zeichen oder um ungefähr 30° weiter gegen Oſten. So iſt der Widder an der Stelle des zweiten Bildes, der Stier an der Stelle des dritten u. ſ. f., die Fiſche endlich an der Stelle des erſten Sternbildes, ſo daß die Namen der Zeichen und der Sternbilder nicht mehr zuſammentreffen. Es iſt dieſes eine Folge des **Vorrückens der Nachtgleichen**. (ſ. d. Art.)

Thierkreislicht, **Zodiakallicht** (v. d. griech. ζωδιακός Thierkreis) ein der Milchſtraße ähnliches, aber helleres Licht, das in der Geſtalt eines doppelten Kegels erſcheint, ſo daß die gemeinſchaftliche Grundfläche beider Kegel die Sonne iſt und die Axen derſelben in die Ekliptik fallen. Man erblickt daſſelbe am deutlichſten im April und Mai gleich nach Sonnenuntergang, und im September und October kurz vor Sonnenaufgang, beſonders in den Morgenländern. Es hat die Geſtalt einer ſchmalen Linſe, deren große Axe veränderlich aber ſtets fünf bis ſechsmal länger als die kleine Axe ſcheint. Vergl. d. Art. **Atmoſphäre der Sonne**.

Thorium iſt ein einfacher, nicht metalliſcher Stoff, welcher 1829 von **Berzelius** in einem neuen Foſſil **Thorit** entdeckt worden iſt, ein dunkelbleigraues, gewichtiges Pulver, welches durch Druck Metallglanz von eiſengrauer Farbe annimmt, unſchmelzbar und nicht flüchtig iſt. Durch Waſſer wird es in keiner Temperatur oxydirt, und an der Luft erhitzt verbrennt es zu **Thorerde** mit einem hellen Licht, ähnlich dem des in Sauerſtoff verbrennenden Phosphors. Dieſelbe iſt ein weißes

---

*) Deutſch wie folgt:
Glänzend im goldenen Vließ erſcheinet als erſter der **Widder**,
Blicket erſtaunet dahin, wo gewendet der **Stier** ſich erhebet,
Der mit geſenktem Blicke und Stirn nach dem **Zwillingen** brüllet.
Auf ſie folget der **Krebs**, dem Krebſe der **Löw'** und die **Jungfrau**.
Drauf theilt gleichend den Tag und die Nacht die **Wage** die Zeit aus,
Locket dem **Scorpion**, der erglänzt vom Geſtirne der Gluten.
Ihm ſchon zielt nach dem Schwanz mit dem ſcharfgeſpanneten Bogen,
Um den beflügelten Pfeil zu entſenden der **Schütze**, ein Roßmann.
Drauf kommt beugend ſich hin auf das enge Sternbild der **Steinbock**.
Nach ihm ſchüttet der **Waſſermann** aus die gebogene Urne
Und es tauchen begierig in heimiſche Wellen die **Fiſche**,
Welche der **Widder** berührt, die ſchließenden, letzten der Zeichen.

geſchmackloſes Pulver, welches unſchmelzbar iſt, aber durch Glühen zuſammenſintert und eine harte Maſſe von 9,402 ſpecif. Gewicht bildet. Sie gibt mit Waſſer ein weißes Hydrat und mit Säuren die (farbloſen) Thorerdeſalze. Geglühte Thorerde iſt nur in concentrirter Schwefelſäure löslich, das feuchte Hydrat aber in allen Säuren. Gegen Schwefel und Phosphor verhält ſich das Thorium wie Alumium; es verbindet ſich unter Feuererſcheinung.

Titan oder Menakan, ein ſchweres unedles Metall, welches zuerſt 1791 von Gregor beobachtet, und nachher von Klaproth und Roſe näher unterſucht worden iſt. Es kommt im Mineralreich nur ſelten vor, als Oxyd im Rutil, Anatas, Sphen u. a. Das Titan kryſtalliſirt in kleinen, hochgelben, ins Braunrothe gehenden Würfeln von ſtarkem Metallglanz; künſtlich in dünnen Blättchen von Kupferglanz gewonnen, erſcheint es bei durchfallendem Lichte grün; feinzertheilt ſtellt es ein dunkelblaues oder ſchwarzes Pulver dar. Sein ſpecif. Gewicht iſt = 5,3. Es iſt ſchwer ſchmelzbar, im zuſammenhängenden Zuſtande ein ausgezeichneter Leiter der Elektricität, nicht magnetiſch, härter als Stahl und Quarz, ſpröde, an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur in Maſſe unveränderlich. Das pulverförmige, friſch bereitete Titan verbrennt jedoch bei der Berührung mit der Luft; das mit Luft vermiſchte oder in Maſſe zuſammenhängende oxydirt ſich in der Glühhitze langſam. Das feinzertheilte wird in Salpeterſäure und Königswaſſer oxydirt, das kryſtalliſirte aber wird von Säuren nicht angegriffen, außer durch ein Gemenge von Fluß- und Salpeterſäure. Das Titanoxyd kommt natürlich kryſtalliſirt in braunrothen quadratiſchen Säulen, braunen, blauen und gelben quadratiſchen Oktaedern u. ſ. w. von 4,8 ſpec. Gewicht vor, das künſtliche iſt ein weißes, beim Erhitzen gelbwerdendes Pulver. Mit Waſſer gibt es ein weißer Hydrat, mit Säuren Titanoxydſalze. — Chlortitan iſt eine farbloſe, flüchtige tropfbare Flüſſigkeit, welche an der Luft ſtark raucht und ſich mit Waſſer unter Erhitzung in ſalzſaures Titanoxyd verwandelt. Mit Ammoniak gibt das Chlortitan einen feſten pulverartigen Körper von braunrother Farbe, Chlortitan-Ammoniak. — Schwefeltitan iſt eine lockere, zarte, in Maſſe dunkelgrüne, zertheilt gelbe, abfärbende Maſſe, die in Waſſer unlöslich iſt.

Tropfbare Flüſſigkeiten heißen diejenigen Körper, welche die beiden Eigenthümlichkeiten des Fließens und des Tropfenbildens in ſich vereinigen. Das Fließen beſteht in einer leichten Verſchiebbarkeit der Beſtandtheilchen, und da dieſe Eigenthümlichkeit auch den gasförmigen Körpern (ſ. d. Art. Dampf und Gaſe) zukommt, ſo werden auch dieſe als Flüſſigkeiten bezeichnet. Man nennt ſie aber zum Unterſchiede von den tropfbar-flüſſigen Körpern expanſibel oder ausdehnſam flüſſige Körper, weil ihnen die Eigenthümlichkeit des Tropfenbildens nicht zukommt. Das Bilden von Tropfen zeigt einen Zuſammenhang der Beſtandtheilchen an, welchen die gasförmigen Körper nicht haben. Bei dieſen nämlich haben die Beſtandtheile das Beſtre-

ben, ſich immer weiter von einander zu entfernen, nicht ſo, daß leere Zwiſchenräume zwiſchen ihnen bleiben, ſondern daß ſich dieſe Beſtandtheilchen in ſich ſelbſt weiter und weiter ausdehnen, je geringer der ſie zuſammenhaltende Druck iſt. Dagegen iſt das Tropfenbilden ein in ſich Zuſammengehen der Beſtandtheilchen. Man kann die Erſcheinung auch ſo ausdrücken, daß während die expanſiblen Flüſſigkeiten ein Beſtreben haben, in immer kleinere Beſtandtheilchen zu zerfahren, zeigen dagegen die tropfbar flüſſigen Körper ein Streben in immer größern Beſtandtheilchen ſich zu formiren. Haben eine Menge gleicher Beſtandtheilchen eines Körpers das Streben zuſammen zu gehen, d. h. ziehen ſie einander gleichmäßig an, ſo werden ſie diejenige Form annehmen, bei welcher Gleichmäßigkeit der Anziehung aller Beſtandtheilchen unter einander ſtattfindet, d. h. ſie werden kugelförmige Geſtalt annehmen, wenn nicht Hinderniſſe vorhanden ſind. Solche Hinderniſſe könen ſein: 1) Unbeweglichkeit der Beſtandtheilchen, 2) Anziehungen von Außen, d. h. außerhalb der ſich berührenden Beſtandtheilchen. Das erſte Hinderniß findet bei den Flüſſigkeiten nicht Statt, weil ihre Beſtandtheilchen fließen, d. h. über einander hin ohne Widerſtand ſich bewegen, das zweite Hinderniß findet aber bei den tropfbaren Flüſſigkeiten Statt, denn ſie werden theils von andern ſie umgebenden Körpern angezogen, theils von der ganzen Maſſe der Erde, d. h. ſie ſind ſchwer. Jene Anziehung von andern ſie umgebenden Körpern vermindert die Tropfenbildung mehr oder weniger, je ſtärker ſie iſt. Daher bildet Waſſer in einem Gefäß keinen Tropfen, weil es die Schwere zuſammendrückt und überdieß die Wände des Gefäßes daſſelbe nach allen Seiten anziehen, und nicht einmal die Oberfläche in einem oben offenen Gefäß wird kugelförmig, ſondern vielmehr vertieft, weil die Ränder der Waſſermaſſe von dem umgebenden Rande des Gefäßes ſtärker angezogen werden, als die Mitte, wegen der größern Nähe. Queckſilber nimmt dagegen in einem gläſernen Gefäß eine ausgebogene Oberfläche an, weil die Anziehung der Beſtandtheilchen des Queckſilbers unter einander größer iſt, als die des Glaſes gegen die Queckſilbertheilchen. Eine frei fallende Maſſe Flüſſigkeit bildet aber während des Fallens einen Tropfen, weil die umgebende Luft nur geringe Anziehung gegen ſie ausübt, aber die Geſtalt dieſes Tropfens iſt nicht ganz kugelförmig, ſondern in der ſenkrechten Richtung gedehnt, ſo daß offenbar alle Beſtandtheilchen des Tropfens nach unten drängen, eine Folge der Schwere.

Eine Flüſſigkeit, welche auf einer Ebene liegt, nimmt deſto mehr Tropfenform an, je geringer die Anziehung der Ebene iſt und je größer die Anziehung der Beſtandtheilchen der Flüſſigkeit unter einander iſt. Je weniger benetzbar die Fläche iſt, deſto weniger Anziehung hat ſie gegen die Flüſſigkeit, deſto deutlicher tritt die Tropfenbildung auf ihr hervor. Einige Flüſſigkeiten (z. B. Queckſilber) haben größere Anziehung ihrer Beſtandtheilchen unter einander als andere (z. B. Waſſer), in Vergleich mit derſelben Unterlage (z. B. Glas), daher findet bei jenen deutlichere Tropfenbildung Statt. Vergl. d. Art. Adhäſion und Cohäſion.

Das Fließen ſelbſt, d. h. die Beweglichkeit der Beſtandtheilchen über einander hin, iſt den Subſtanzen in mehr oder weniger hohem

Grade eigenthümlich, ſo daß es mannigfach verſchiedene Grade der Fließigkeit oder Fließbarkeit gibt. Bei den zähen Flüſſigkeiten zeigen die Beſtandtheilchen beim über einander Hingleiten eine Anziehung gegen einander, welche ſie in der Beweglichkeit hindert. Die meiſten zähflüſſigen Körper werden beweglicher, wenn ſie erwärmt werden, und mit der Zunahme der Temperatur zeigen dieſelben einen allmähligen Uebergang aus dem noch völlig feſten Zuſtande, erſt in den der Weichheit, welche ſich dem Flüſſigkeitszuſtande ſchon annähert und ſodann durch alle Grade der Fließbarkeit; z. B. Wachs, Talg u. a. Ueberhaupt iſt es die Wärme, welche den Flüſſigkeitszuſtand bedingt, indem durch Aufnahme derſelben in hinreichendem Maße wahrſcheinlich alle feſten Körper zu tropfbarflüſſigen werden. Die Wärme iſt es auch (nebſt dem Druck) welche das Uebergehen aus dem tropfbar flüſſigen in den ausdehnſamflüſſigen bedingt. (Vergl. d. Art. Aggregationszuſtand, Ausdehnung, Wärme, Dampf, Gas.)

Die tropfbaren Flüſſigkeiten, auch vorzugsweiſe nur Flüſſigkeiten genannt, werden in ihren Eigenthümlichkeiten von zwei Kräften bedingt: von der Schwere, welche auf ſie wie auf alle übrigen Körper wirkt, und von der Anziehung der Beſtandtheilchen (Molecular-Attraction), welche auf ſie in der Art wirkt, daß durch ſie ihr Flüſſigkeitszuſtand bedingt wird. Wir können in Gedanken dasjenige unterſcheiden, was eine Folge der einen oder der anderen dieſer Kräfte iſt; denn wir können uns eine Waſſermaſſe vorſtellen, welche einen Augenblick aufhört ſchwer zu ſein, ohne deßwegen aufzuhören flüſſig zu ſein. Eine ſolche Maſſe würde weder fallen können, wenn man ſie losließe, noch auslaufen, wenn man ſie umſtürzte, und es iſt klar, daß ſie, um in Ruhe zu ſein, weder auf einer Unterlage zu ruhen noch in einem Gefäße enthalten zu ſein brauchte. In dieſem Zuſtande würde ſie noch eine Menge Eigenthümlichkeiten beſitzen. Eine der wichtigſten iſt das Princip der Gleichheit des Druckes. Dieſem Principe ſind die Flüſſigkeiten unterworfen, d. h. ſie haben die Eigenthümlichkeit, die Drucke, welche man gegen ihre Oberfläche ausübt, nach allen Richtungen und gleichmäßig fortzupflanzen. Folgende Betrachtung wird daſſelbe noch verſtändlicher machen. ABCD (Fig. 355.) iſt ein Gefäß, welches eine Flüſſigkeit enthält, von der wir annehmen wollen, daß ſie keine Schwere beſitze. PP′ iſt ein maſſiver Kolben, welcher genau die ganze Oberfläche der Flüſſigkeit bedeckt. Iſt der Kolben auch ohne Schwere, und mit keinem Gewichte belaſtet, ſo erleidet die Flüſſigkeit offenbar keinen Druck und man könnte das Gefäß durchbohren, ohne daß ſie ausliefe. So wie man aber auf den Kolben ein Gewicht, z. B. von 100 Pfund, legt, ſogleich ſtrebt er herabzuſteigen und würde wirklich herabſteigen, wenn nicht die Flüſſigkeit Widerſtand leiſtete. Die Flüſſigkeit mag nun zuſammendrückbar ſein oder nicht, das Reſultat iſt daſſelbe: ſie muß nothwendig entweder ſich verdichten oder die 100 Pfund tragen. Die oberſte Schicht aa′, welche den Kolben berührt und ihm als Unterlage dient, erträgt das ganze Gewicht deſſelben; und ſo gedrückt, wie ſie iſt, müßte ſie fallen, wenn ſie nicht in der Schicht bb′ eine Unterlage hätte, welche ſich zunächſt unter ihr befindet; auf dieſe Schicht drückt ſie mit derſel-

ben Kraft, mit welcher ſie von dem Kolben gedrückt wird. Auf gleiche Weiſe drückt die Schicht bb′ auf die folgende cc′ und ſo fort; der Druck pflanzt ſich von Schicht zu Schicht bis zum Boden des Gefäßes fort, welcher ſelbſt ſo gedrückt wird, als ob der Kolben unmittelbar auf ihm laſtete. Weil es die ganze Oberfläche des Bodens iſt, welche dieſen Druck von 100 Pfund trägt, ſo iſt klar, daß die Hälfte der Oberfläche ihres Theils nur 50 Kilogrammes, und daß der hundertſte Theil der Oberfläche nur $\frac{1}{100}$ des Totaldruckes erfährt, d. h. nur den Druck von 1 Pfund. Alſo

1) Der Druck pflanzt ſich von oben nach unten durch die horizontalen Schichten fort, ohne in ſeiner Kraft irgend einen Verluſt zu erleiden.

2) Er iſt in jedem Punkte gleich.

3) Er iſt proportional der Ausdehnung der in Betracht gezogenen Oberfläche. In Betreff der Seitenflächen findet dieſelbe Erſcheinung ſtatt; denn wenn man in irgend einem Punkte eine Oeffnung machte, ſo würde die Flüſſigkeit herausſpringen, und wenn man einen Theil der Oberfläche ausſchnitte, ſo würde ſie herausgetrieben werden; wäre endlich der ausgeſchnittene Theil der ganzen Breite des Kolbens gleich, ſo würden nicht weniger als 100 Pfund nöthig ſein, um ſie an ihrer Stelle zu erhalten, und wenn ſie eine hundertmal geringere Ausdehnung hätte, ſo würde die Kraft Eines Pfundes hinreichen, ſie zu halten. Wäre der Kolben ſelbſt von einem Loche durchbohrt, ſo würde die Flüſſigkeit von unten nach oben ſpringen, welches beweiſt, daß die Wand des Kolben, eben ſo wie alle übrigen Wände, gedrückt wird. Die Flüſſigkeiten pflanzen alſo die gegen ihre Oberfläche ausgeübten Drucke nach allen Richtungen gleichmäßig fort. Dieſes Princip, welches zunächſt für Flüſſigkeiten ohne Schwere erörtert worden, findet volle Anwendung auf die ſchweren Flüſſigkeiten, aber es gibt bei dieſen Drucke, welche auf jedes Beſtandtheilchen wirken, und eine Folge der ihnen eigenthümlichen Schwere ſind.

Es finden zwei Bedingungen für das Gleichgewicht der Flüſſigkeiten ſtatt: erſtens iſt nöthig, daß die oberen und freien Beſtandtheilchen eine gegen die ſie ſollicitirende Kraft ſenkrechte Oberfläche bilden; und zweitens daß jedes Beſtandtheilchen der Maſſe in allen Richtungen gleiche und entgegengeſetzte Drucke erfährt.

Betrachten wir zunächſt die erſte Bedingung des Gleichgewichts. Angenommen die Oberfläche ſei nicht ſenkrecht gegen die Kraft, welche die Beſtandtheilchen ſollicitirt, ſondern habe z. B. die Richtung a b c d e, (Fig. 356.) während die Kraft die Richtung der ſenkrechten v v hat. Dann würde eine kleine horizontale Schicht, wie b d von dem ganzen Gewicht der Beſtandtheilchen gedrückt werden, welche ſich über derſelben befinden. Dieſer Druck würde ſich, wie wir eben geſehn haben, ſeitwärts fortpflanzen und das von dieſem Seitendrucke getroffene Beſtandtheilchen b, würde nach außen geſtoßen werden, weil keine Kraft vorhanden iſt, die es zurückhielte; es würde ſich alſo fortbewegen, ein anderes würde an ſeine Stelle treten, und ebenfalls vertrieben werden; und dieſes würde ſo lange ſich fortſetzen, bis die Krümmung b c d ſich geſenkt, und völlig horizontal geworden wäre. Eben daſſelbe würde ſich mit jedem

Theile der Flüſſigkeit ereignen, welcher ſich über irgend einem andern Punkte der Oberfläche befände; und das Gleichgewicht kann nur Statt finden, wenn kein freies Beſtandtheilchen mehr zu fallen vermag, d. h. wenn alle in einer gegen die Kraft ſenkrechten Oberfläche geordnet ſind. Aus dieſer Bedingung des Gleichgewichtes erklärt ſich die Erſcheinung, daß jede Flüſſigkeit, welche nur unter dem Einfluſſe der Schwere ſteht, horizontale Oberfläche anzunehmen ſtrebt. Das ruhige Meer ordnet ſeine obern Beſtandtheilchen zu einer den Mittelpunkt der Erde umgebenden Kugelfläche, weil bei ruhigem Meer nur die Schwere auf das Waſſer wirkt und mithin die Oberfläche des Meeres in jedem Punkte ſenkrecht gegen die Richtung der Schwere ſich formiren muß. Da nun die Richtung der Schwere ſtets der von jedem Punkte der Erdoberfläche nach dem Mittelpunkte der Erde gezogene Radius iſt, ſo ergibt ſich hieraus die Kugelfläche der Meeresoberfläche. Wirken aber noch andere Kräfte, außer der Schwere, gegen das Waſſer des Meeres, ſo verändert es ſeine Kugelfläche, und am großartigſten tritt dieſes in den Erſcheinungen der Ebbe und Fluth auf, bei denen Sonne und Mond der Schwere zum Theil entgegenwirken. In den oben angeführten Beiſpielen, daß eine Flüſſigkeit in einem Gefäße eine gekrümmte, aber der horizontalen ſich nähernde Oberfläche annimmt, wirken drei Urſachen zuſammen: 1) die Schwere, welche eine horizontale Oberfläche; 2) die Cohäſion der Beſtandtheilchen der Flüſſigkeit, welche eine kugelförmig gekrümmte Oberfläche; und 3) die Attraction der Wände des Gefäßes, welche eine nach der Form des Gefäßes eingebogene Oberfläche herzuſtellen ſtrebt. Die Form ändert ſich unter verſchiedenen Bedingungen, je nach dem Verhältniß, in welchem die drei Kräfte: Schwere, Cohäſion und Attraction gegen einander ſtehen. Aus dem Principe von der Gleichheit des Druckes und erſten Bedingung des Gleichgewichts, von der ſo eben geſprochen wurde, ergeben ſich mehre ſehr wichtige Folgerungen.

1. Der Druck, den der Boden einer Flüſſigkeit erfährt, iſt gleich dem Gewicht einer Flüſſigkeitsſäule, welche den Boden zur Grundfläche und die Höhe des Niveau zur Höhe hat. Für ein cylindriſches Gefäß verſteht ſich der Satz von ſelbſt. Da die Seitenwände nur perpendiculäre Drucke erfahren, ſo werden ſie weder nach oben noch nach unten getrieben und können daher den Druck, welchen der Boden zu leiden hat, weder vermindern noch vermehren, und derſelbe hat folglich das ganze Gewicht der Flüſſigkeitsſäule zu tragen. Uebrigens kann man den Satz aber auch durch den Verſuch erproben. Auf dem Boden des cylindriſchen Gefäßes ABCD (Fig. 357.) befindet ſich ein beweglicher Kolben PP, der mit Hilfe eines Fadens von hinlänglicher Stärke emporgezogen werden kann. Dieſer Faden iſt nach ſeinem Austritt aus dem Gefäß über Rollen gelegt, fällt dann ſenkrecht herab und trägt an ſeinem äußeren Ende eine Wagſchale, welche mit Gewichten belaſtet werden kann. Erſt mißt man ein wie großes Gewicht auf die Wagſchale gelegt werden muß um den Kolben eben nur zum Steigen zu beſtimmen, dieſes Gewicht gibt die Reibung des Kolbens in dem Cylinder an. Hierauf befeſtigt man den Faden und gießt in den Cylinder ein gewiſſes Gewicht Waſſer, indem man zugleich in die Wagſchale ein gleiches

Gewicht (von Metall) legt. Ueberläßt man den Faden nun ſich ſelbſt, ſo ſieht man, daß das Gleichgewicht hergeſtellt iſt, d. h. daß das Waſſer den Kolben genau mit derſelben Kraft niederzudrücken ſtrebt, mit der ihn das Gewicht zu heben ſtrebt. Einige Tropfen Waſſer mehr in den Cylinder oder ein kleines Gewicht mehr auf die Wagſchale heben das Gleichgewicht auf. Es iſt klar, daß jeder Theil der Bodens z. B. jeder Quadratcentimeter, ſeinestheils das Gewicht derjenigen Flüſſigkeitsſäule trägt, deren Grundfläche er iſt, und daß das Verhältniß, um daß es ſich handelt, nicht nur für den Boden im Ganzen genommen gilt, ſondern auch für einen jeden Theil deſſelben Geltung hat. Man kann denſelben Verſuch auch mit einem Gefäß, welches ſich erweitert, Fig. 358, oder mit einem Gefäß, welches ſich verengert, Fig. 359, anſtellen, man findet immer, daß der Druck gegen den Boden gleich dem Gewicht der cylindriſchen Säule iſt, welche zur Grundfläche dieſen Boden ſelbſt und zur Höhe die Tiefe deſſelben vom Niveau hat. In dem erſten Falle iſt alſo der Druck gegen den Boden geringer, als das Totalgewicht der im Gefäß enthaltenen Flüſſigkeit und im Gegentheil größer in dem zweiten Falle. Dies zweite Reſultat ſcheint auf den erſten Augenblick unbegreiflich; es ſcheint nicht wohl möglich, daß die Flüſſigkeit ABCD Fig. 359., den Boden des Gefäßes eben ſo ſtark drückt, als dieſes durch die Flüſſigkeit ABRV der Fall ſein würde. Aber genauere Betrachtung zeigt, daß die in den ſeitwärts liegenden Theilen CAR und DBV enthaltene Flüſſigkeit zum Druck gegen den Boden nichts beitragen könnte, nicht mehr als hierauf die ſeitwärts liegenden Theile CAR und DBV in der Fig. 358. dazu beitragen. Es iſt hiernach ganz gleichgiltig, von welcher Geſtalt ein Gefäß ſei. Um den Druck auf irgend einen Theil des Bodens kennen zu lernen, muß man ſtets die ſenkrechte cylindriſche Säule betrachten, welche dieſen Theil ſelbſt zur Grundfläche und die Höhe des Niveau's zur Höhe hat. Es iſt häufig nöthig, dieſen Druck auf allgemeine Weiſe auszudrücken. Es ſei S der Theil der horizontalen Oberfläche, welche man betrachtet, H die Höhe des Niveau über dieſer Oberfläche, D die Dichte der Flüſſigkeit; ſo wird der Druck durch SHD ausgedrückt werden, denn SH iſt das Volumen der Flüſſigkeitsſäule und um das Gewicht zu haben, muß man das Volumen mit der Dichte multipliciren. Mit einem Liter Waſſer, welcher ein Kilogramm wiegt, kann man gegen den Boden eines Gefäßes einen ſehr geringen, aber auch einen unendlich großen Druck ausüben. Soll der Druck z. B. ein Kilogramm betragen, ſo braucht man nur ein cylindriſches Gefäß von beliebiger Grundfläche zu nehmen, der Totaldruck wird immer gleich dem Gewichte der Flüſſigkeit ſein, d. h. immer gleich einem Kilogramm, nur der Druck gegen jedes Quadratcentimeter des Bodens wird kleiner oder größer ſein, je nachdem das Gefäß weiter oder enger iſt. Soll der Druck $\frac{1}{10}$ Kilogramm betragen, ſo muß man z. B. ein Gefäß nehmen, deſſen Grundfläche ein Quadratcentimeter beträgt und welches ſo ausgehohlt iſt, daß der Liter Waſſer nur $\frac{1}{10}$ Decimeter oder ein Centimeter Höhe annimmt. Soll der Druck 10 Kilogramm betragen, ſo braucht man nur eines Gefäßes ſich zu bedienen, deſſen Grundfläche z. B. ein Quadratdecimeter be-

trägt, das aber ſo verengert iſt, daß der Liter Waſſer darin eine Höhe von 10 Decimetern oder von ein Meter einnimmt. Ein Apparat, mit Hilfe deſſen man dieſe Grundeigenthümlichkeit der Flüſſigkeiten bei weitem leichter zeigen kann, beſteht aus einer horizontalen Röhre von Eiſen oder Kupfer (Fig. 360.), die an ihren beiden Enden ſenkrecht emporgeht. Auf der einen Seite geht ſie in einen Behälter von einigen Zoll Breite aus, auf den man Gefäße von allen Formen ſchrauben kann, welche denſelben Boden haben; auf der andern Seite endet ſie in einer Glasröhre von einigen Linien Durchmeſſer, über welche man einen Index ſchieben kann. Man gießt in dieſelbe Queckſilber und der Punkt, wo daſſelbe in dem kleinen Arme ſtehen bleibt, iſt die erſte Stellung des Index. Nachdem man auf den Behälter eines der Gefäße, mit dem man den Verſuch anſtellen will, aufgeſchraubt hat, erfüllt man daſſelbe bis zu einer bekannten Höhe mit Waſſer; der ſich hieraus ergebende Druck bewirkt ein Steigen des Queckſilbers in dem kleinen Arme und man merkt den Punkt an, bei welchem es ſtehen bleibt. Ein zweites Gefäß von ganz anderer Geſtalt wird an die Stelle des erſten gebracht; man macht mit ihm denſelben Verſuch, indem man Waſſer bis zu derſelben Höhe hineingießt, und man wird ſtets finden, daß in dem kleinen Arme die Queckſilberſäule an demſelben Punkte ſtehen bleibt. Welches alſo auch die Geſtalt der Gefäße ſein mag, die darin enthaltenen Flüſſigkeiten üben denſelben Drucke gegen ihren Boden aus, wenn das Niveau daſſelbe iſt.

Die verticalen Drucke der Flüſſigkeiten wirken nicht nur gegen den Boden der Gefäße, ſondern auch gegen alle Punkte im Innern der Maſſe und pflanzen ſich gemäß dem Principe der Gleichheit des Druckes nach allen Seiten fort, woraus ſich ein bemerkenswerthes Grundphänomen ergibt. Nehmen wir im Innern der flüſſigen Maſſe eine Lage m m′ (Fig.361.) an, welche parallel der Oberfläche des Niveau n n′ ſei; ſo werden alle Beſtandtheilchen, aus denen dieſe Lage beſteht, offenbar von der ganzen auf ihnen ruhenden Laſt gedrückt; ſie verhalten ſich, als ob ſie einen Kolben zu ertragen hätten, deſſen Gewicht dem Gewichte des Flüſſigkeitscylinders n n′ m m′ gleich wäre. Aber dieſer Druck, den ſie von oben nach unten erleidet, pflanzt ſich nach dem Princip der Gleichheit des Druckes von unten nach oben fort und jedes ihrer Beſtandtheilchen iſt nur durch die Gleichzeitigkeit dieſer entgegengeſetzten Drucke im Gleichgewicht. Betrachtet man mithin nur einen Theil a b dieſer Lage, ſo begreift man leicht, daß die Fläche a b gleichzeitig gedrückt wird, von oben nach unten durch die Flüſſigkeitsſäule d a b c und von unten nach oben durch eine jener genau gleiche Kraft; ſo daß wenn ein feſter Cylinder in das Waſſer getaucht worden wäre und ſeine Grundfläche gegen die Fläche a b ſich ſtützte, dieſer Druck von unten nach oben gegen den Cylinder wirken und ihn herauszuſtoßen ſtreben würde. Dieſe Folgerung wird durch folgenden Verſuch nachgewieſen: v v′r r′ (Fig.362.) iſt eine etwas dicke Glasröhre, welche an ihrem unteren Ende wohl geebnet iſt; t t′ iſt eine Scheibe von mattgeſchliffenem Glaſe, welche gleichmäßig eben iſt (die Schließplatte); ſie iſt an einen Faden befeſtigt, welcher in die Röhre reicht, ſo daß, wenn

der Faden angezogen wird, die Schließplatte die Röhre verſchließt. Man verſchließt die Röhre auf dieſe Weiſe und ſenkt ſie in das Waſſer. Dann iſt es nicht mehr nöthig, den Faden anzuziehen um das Herabfallen der Schließplatte zu verhindern, weil ſie mit dem ganzen Druck nach oben geſtoßen wird, welcher gegen ihre Oberfläche wirkt, und dieſer Druck iſt gleich demjenigen, welchen ſie von oben nach unten erdulden würde, wenn ſie allein, ohne die Röhre, in das Waſſer bis zu derſelben Tiefe geſenkt worden wäre. Um dieß zu beweiſen, gießt man Waſſer in die Röhre. So wie das innere Niveau dem äußeren nn' nahe kommt, wird die Schließplatte eben ſo ſehr von oben nach unten geſtoßen, als ſie von unten nach oben geſtoßen wurde und man überzeugt ſich in der That, daß ſie durch ihr eigenes Gewicht herabfällt. Entſteht mithin im Boden eines Schiffes ein Loch, ſo wird das Waſſer im Augenblicke emporſpringen und um es abzuhalten müßte man einen Druck ausüben, welcher gleich dem Gewichte einer Waſſerſäule wäre vom Durchmeſſer der Oeffnung und von einer Höhe gleich der Tiefe des Schiffsbodens unter dem Niveau des Meeres. Daher muß der Kiel bei großen Schiffen eine bedeutende Stärke haben, um dem Drucke von unten nach oben Widerſtand leiſten zu können, welcher gegen den Boden des Schiffes wirkt.

Der Druck zweitens, welchen eine Seitenwand erträgt, iſt gleich dem Gewicht einer Flüſſigkeitsſäule, die zur ſenkrechten Höhe die Tiefe des Schwerpunktes der Wand unter dem Niveau, und zur horizontalen Grundfläche eine der Wand ſelbſt gleiche Fläche hat. — Die Seitendrucke werden von den entſprechenden horizontalen Drucken, mittels des Principes von der Gleichheit des Druckes abgeleitet. Da der Punkt m (Fig. 361.) einen Theil der horizontalen Lage mm' ausmacht, ſo pflanzt dieſe Lage auf ihn den Druck fort, welchen ſie ſelbſt erleidet; ſie ſetzt ihn nach allen Richtungen fort und mithin empfängt ihn der Punkt m in ſenkrechter Richtung gegen die Wand, von der er einen Theil ausmacht. Mithin erleidet jede Ausdehnung einer Seitenwand denſelben Druck wie eine gleiche Ausdehnung der ihr entſprechenden horizontalen Schicht. Die Formel SHD drückt folglich auch die Seitendrucke aus, nur muß die Fläche S hinreichend ſchmal der Höhe nach ſein, damit der Druck in ihrer ganzen Ausdehnung ziemlich derſelbe ſei. In einem Waſſergefäß von 10 Meter Höhe iſt alſo der Druck gegen ein Quadratcentimeter der Seitenwand 100 Grammes bei 1 Meter Tiefe; 200 Grammes bei 2 Meter und 1 Kilogramm bei 10 Meter, d. h. unmittelbar am Boden. Um die Summe der Seitendrucke zu haben, welche eine ebene Wand erleidet, ſie mag nun dreieckig, vieleckig oder von irgend einer Geſtalt ſein, braucht man nur die Reſultante eines Syſtemes von Kräften zu ſuchen, welche ſämmtlich parallel ſind, aber im Verhältniß der Tiefe wachſen, und auch im Verhältniß der horizontalen Ausdehnung des in Betracht gezogenen Theiles der Wand. Durch dieſe Zuſammenſetzung der Kräfte gelangt man in Betreff der Seitendrucke zu dem ausgeſprochenen allgemeinen Satze.

Der Angriffspunkt der Reſultante aller ſie ergebenden Drucke iſt der Punkt, welcher der Mittelpunkt oder das **Centrum des Druckes** heißt.

Er liegt ſtets tiefer als der Schwerpunkt, indem er mit ihm zuſammenfallen würde, wenn die Kräfte nicht mit der Tiefe zunähmen. In einer Wand, welche die Geſtalt eines Parallelogrammes hat, befindet ſich das Centrum des Drucks auf der Linie, welche die horizontalen Seiten halbirt und bei $\frac{1}{3}$ ihrer Höhe über dem Boden. In einer dreieckigen Wand, deren Baſis am Boden liegt, befindet er ſich bei $\frac{1}{4}$ einer analogen Linie, und dagegen wenn die Baſis dem Waſſer gleichſteht bei $\frac{1}{2}$.

Die zweite Bedingung des Gleichgewichts iſt, daß ein jedes Beſtandtheilchen der Maſſe nach allen Richtungen zwei gleiche und entgegengeſetzte Drucke erleide. Es iſt klar, daß dieſe Bedingung nothwendig und daß ſie für das Gleichgewicht des Innern hinreichend iſt, wie die erſte hinreichend für das Gleichgewicht der Oberfläche iſt. Ein Beiſpiel wird die Nothwendigkeit noch einleuchtender machen. Geſetzt, man hätte in das Gefäß ABCD (Fig. 363) für einen Augenblick Waſſer und Queckſilber in der Art gebracht, daß die Oberflächen Dm und mC wohl nivellirt wären und Lm die Berührungsfläche beider Flüſſigkeiten wäre. Die erſte Bedingung des Gleichgewichts wäre erfüllt, und dennoch wird kein Gleichgewicht Statt finden; denn im Punkte o z. B. wären die entgegengeſetzten Seitendrucke nicht gleich. Da der Druck von der Seite des Queckſilbers viel ſtärker iſt, ſo werden die Beſtandtheilchen dieſer Flüſſigkeit nach dem Boden ſich ſenken und hier ſich in Niveau ſtellen. Im Allgemeinen: miſcht man verſchiedene Flüſſigkeiten in demſelben Gefäße, ſo werden ſie ſich ſtets ſo arrangiren, daß jede von ihnen eine horizontale Oberfläche bildet, dieſes iſt die einzige Anordnung, durch welche die zweite Bedingung des Gleichgewichtes erfüllt werden kann. Befinden ſich nach der Ordnung der Dichten die ſchwerſten Flüſſigkeiten zu unterſt, ſo findet ſtabiles Gleichgewicht, bei jeder anderen Anordnung findet nur inſtabiles Gleichgewicht ſtatt. Sobald das Gefäß mit den übereinander gelagerten Flüſſigkeiten von einer kleinen Erſchütterung getroffen wird, verlieren die Zwiſchenebenen ihre regelmäßige Horizontalität und wogen auf; und in Folge dieſer Bewegung ſinken die ſchwereren Flüſſigkeiten herab und die leichteren ſteigen hinauf.

Sobald mehre Gefäße mit einander in Verbindung ſtehen, ſo ſind, wie groß auch die Anzahl und wie auch die Geſtalt der Gefäße ſein mag, die Flüſſigkeiten, welche ſie enthalten, den beiden eben erwähnten Geſetzen des Gleichgewichts unterworfen. Iſt es dieſelbe Flüſſigkeit, welche in allen Gefäßen enthalten iſt, ſo müſſen nach der erſten Bedingung alle Oberflächen Niveaus (parallel der Horizontalebene) ſein und nach der zweiten Bedingung alle von demſelben Niveau (von derſelben Höhe) ſein; denn ohne dieß würden die Niveaulagen im Innern der Maſſe nicht in ihrer ganzen Ausdehnung gleichmäßig gedrückt ſein. Wäre z. B. bei dem Gefäße (Fig. 364.) das Niveau des großen Armes in ab ſtatt in NN′, auf derſelben Linie wie nn′; ſo würde die Niveaulage Cc′ in CC′ und cc′ nicht gleichmäßig gedrückt werden, und das Gleichgewicht würde nicht Statt finden, weil eine jede Niveaulage, ſtets gleichmäßig in ihrer ganzen Ausdehnung gedrückt werden ſollte. Wenn die Flüſſigkeiten verſchieden ſind, ſo müſſen die Oberflächen verſchiedenes Niveau haben. In dem Gefäße Fig. 365. befindet ſich Waſſer

in dem großen Arme und Queckſilber in dem kleinen. Die Flüſſigkeiten berühren ſich in g. Man ziehe die Horizontale gh. Wenn die Schnitte nichts über ſich hätten, ſo würde das Gleichgewicht Statt finden; zur Herſtellung des Gleichgewichtes iſt alſo nöthig, daß ſie auf jedem Punkt ihrer Ausdehnung gleich gedrückt werden, der eine durch das Waſſer und der andere durch das Queckſilber. Nun aber erleidet ein Theil S des Schnittes g einen Druck $= SHD$, wenn H die Höhe des Waſſers über g, und D ſeine Dichte bezeichnet. Eben ſo erleidet ein gleicher Theil des Schnittes h einen Druck $= SD'H'$ wenn H′ die Höhe des Queckſilbers über h und D′ die Dichte deſſelben bezeichnet. Es muß folglich ſein $S. HD = S. H'D'$, oder $\frac{H}{H'} = \frac{D'}{D}$; d. h. die Höhen über der Vereinigungsebene der Flüſſigkeiten ſtehen im umgekehrten Verhältniſſe der Dichten: alſo hält 1 Zoll Queckſilber ungefähr 14 Zoll Waſſer das Gleichgewicht. Die Vereinigung der Flächen könnte ſich jedoch in einer nicht horizontalen Linie bilden, wie z. B., wenn man hinreichendes Waſſer in das Gefäß göße, um die Queckſilberſäule bis si zurück zu drängen; aber in dieſem Falle begreift man, daß in dieſem Schnitt, wenn die Seitendrucke auf jeder Seite gleich ſind, ſie es nicht mehr für die Beſtandtheilchen ſein können, welche höher oder tiefer liegen. Am oberen Rande in s überwiegt der Druck des Waſſers und am untern Rande i dagegen der Druck des Queckſilbers. Daher ſtrebt die Vereinigungsfläche die Geſtalt s′i′ anzunehmen und endlich geht das Waſſer in den kleinen, das Queckſilber in den großen Arm, bis ſich endlich eine andere Art des Gleichgewichts herſtellt. In Röhren, welche weniger als Eine Linie Oeffnung haben, kommt dieſer Erfolg nicht zu Stande, die Säulen ſind zu eng um ſich zu theilen, die Cohäſion der Beſtandtheilchen jeder Flüſſigkeit reicht hin, der Ungleichheit des Druckes Widerſtand zu leiſten, welche zwiſchen dem oberen und dem unteren Rande Statt findet.

Die Lehre vom Gleichgewicht der tropfbaren Flüſſigkeiten, deren Hauptſätze ſo eben vorgetragen worden, macht denjenigen Theil der Phyſik aus, welcher den Namen der Hydroſtatik führt. Daran ſchließt ſich die Lehre vom Gleichgewicht der ſchwimmenden und in Flüſſigkeiten eingetauchten Körper (ſ. d. Art. Schwimmen) und endlich die Hydrodynamik und Hydraulik, d. h. die Lehre von den Principen der Bewegung der Flüſſigkeiten und der Anwendung dieſer Principien zur Herſtellung von Waſſerleitungen und zur Bewegung von Maſchinen (ſ. d. Art. Springbrunnen). Vergl. d. Art. Mechanik.

U.

Undurchdringlichkeit wird die allgemeine Eigenſchaft der Körper genannt, nach welcher nicht zwei oder mehre zugleich an demſelben Orte ſich befinden können. Es iſt nicht möglich daß zwei an demſelben Orte und doch verſchieden ſind. In der Chemie kann von Un-

durchdringlichkeit nicht die Rede ſein, inſofern in jedem zuſammengeſetzten Stoffe mehre (einfache) Stoffe ſo innig durchdrungen ſind, daß an jedem Punkte jeder derſelben vorhanden iſt. Da ſich aber der zuſammengeſetzte Stoff als ein anderer gegen jeden der ihn conſtituirenden einfachen Stoffe verhält, ſo findet im Grnnde dennoch auch hier Undurchdringlichkeit ſtatt.

Uran iſt ein ſchweres unedles Metall, welches 1789 von Klaproth entdeckt worden iſt und ſich als Oxydul in der Pechblende, als Oxyd im Uranocher, mit Phosphorſäure und Schwefelſäure verbunden als Uranglimmer, u. ſ. w. findet. Es bildet im reinen Zuſtande ein braunes oder ſchwarzes, auch metalliſch glänzendes Pulver. Das letztere erſcheint aus ſehr kleinen regelmäßigen Oktaedern zuſammen geſetzt, welche an den Kanten etwas durchſcheinend ſind. In der Kälte nimmt es keinen Sauerſtoff aus der Luft auf, verbrennt aber beim Erhitzen wie Kohle. In Waſſer oxydirt es ſich nicht, Salzſäure und Schwefelſäure lösen es nicht auf, ſehr leicht aber Salpeterſäure. Das Uranoxydul iſt eine ſchwarze feſte Maſſe oder ein ſchmuzig-grünes Pulver. Mit Waſſer bildet es ein grau-grünes oder braunes Hydrat, mit Säuren die Uranoxydulſalze, welche grün ſind und herb ſchmecken. — Das Uranoxyd kommt natürlich als Hydrat, Uranocher vor, der eine gelbe zerreibliche Subſtanz iſt. Mit Säuren gibt es die Uranoxydſalze, gelbe, meiſt im Waſſer lösliche Verbindungen. Mit ſtärkeren Baſen gibt das Uranoxyd gelbe unlösliche Verbindungen: die uranſauren Salze. — Mit Chlor geht Uran zwei Verbindungen ein: Das ſalzſaure Uranoxydül (Uranchlorür) und das ſalzſaure Uranoxyd, (Uranchlorid) dunkelgrüne und gelblichgrüne, an der Luft zerfließende Salze. — Das Schwefeluran iſt ſchwarz, verbrennt beim Erhitzen an der Luft und hinterläßt Oxydul. — Man bedient ſich des Oxyduls und des Oxyds in der Porzellanmalerei.

Uranus (v. d. griech. Urgott: *Οὐρανός* d. h. Himmel) heißt der äußerſte Planet des Sonnenſyſtems, welcher ſich in einer mittleren Entfernung von 400 Millionen Meilen um die Sonne bewegt. Der Umfang ſeiner Bahn beträgt 2425 Millionen Meilen und dieſelbe iſt ziemlich kreisförmig, ſo daß der Planet ſich der Sonne im Perihelium nur bis auf 382 Mill. Meilen nähert, im Aphelium ſich nur bis auf 419 Mill. Meilen von derſelben entfernt. Von der Erde iſt Uranus zur Zeit der Oppoſition 348 und zur Zeit der Conjunction 424 Mill. Meil. entfernt. Im erſten Falle hat er einen ſcheinbaren Durchmeſſer von 4,3, im letzteren einen Durchmeſſer von 3,5 Sec. Er erſcheint nur als ein Stern ſechſter Größe und kann daher nur von ſehr guten Augen ohne Fernrohr wahrgenommen werden. Sein wirklicher Durchmeſſer iſt 7500 Meil. Herſchel hat den Uranus am 13 May 1781 beobachtet und zuerſt als Planeten erkannt, zu welchem Schluß ihm die bemerkbare Scheibe des Sternes (Fixſterne haben keinen Durchmeſſer)

und ſeine Bewegung unter den Fixſternen Veranlaſſung gab *). Der Uranus legt ſeine große Bahn in nahe 84 Jahren, oder genauer in 30687 Tagen einmal zurück; ſeine Oberfläche iſt nahe 18 mal als die der Erde und ſein Volumen nahe 76 mal ſo groß als das der Erde. Seine Maſſe iſt 17 mal größer als die Erdmaſſe, mithin die mittlere Dichte deſſelben nur $\frac{1}{5}$ der Dichte der Erde, ungefähr gleich der Dichte des Waſſers. Der freie Fall der Körper auf dem Uranus beträgt $14\frac{1}{2}$ Fuß in der erſten Secunde. Die Geſchwindigkeit des Uranus in ſeiner Bahn iſt nur $\frac{1}{5}$ von der Geſchwindigkeit der Erde. Er legt in jeder Sec. ungefähr 1 deutſche Meile zurück und iſt der langſamſte unter allen Planeten. Die Sonne erſcheint vom Uranus aus mit einem ſcheinbaren Durchmeſſer von 100 Secunden d. h. 19 mal kleiner als uns die Sonne erſcheint. Die Beleuchtung des Uranus iſt wie die Oberfläche der Sonne 360 mal kleiner als auf der Erde. Man kann auf der Oberfläche des Uranus keine Flecken oder Streifen erkennen, welche bei andern Planeten ein Mittel zu Berechnung der Umdrehungszeit um die Achſe geben. Daher iſt die Rotation des Uranus unbekannt. Doch kann man aus dem Umſtande, daß Herſchel die Scheibe des Uranus bedeutend abgeplattet fand, auf eine ſehr ſchnelle Rotation deſſelben ſchließen. Herſchel entdeckte auch 6 Monde des Uranus, deren Bahnen auf der Bahn des Uranus beinahe ſenkrecht ſtehen. Vergl. d. Art. Nebenplaneten. — Das Zeichen des Uranus iſt ♅. — Vergl. d. Art. Planeten.

V.

Vanadin, ein 1830 von Sefſtröm entdecktes ſchweres unedles Metall, welches ſich in einem ſchwediſchen Eiſenerze in Smaland findet. Es iſt ein faſt ſilberweißes glänzendes, dem Molybdän ähnliches, ſchweres, unſchmelzbares Pulver, welches die Elektricität gut leitet. Es oxydirt an der Luft nicht, verliert jedoch allmählig an Glanz und wird röthlich. In der Glühhitze entzündet es ſich und verbrennt zu Oxyd. Im Waſſer oxydirt es ſich nicht und nur Salpeterſäure und Königswaſſer löſen es auf. Die Auflöſungen haben eine ſchöne blaue Farbe. — Das Va-

*) Der Uranus iſt daher auch, namentlich von den Franzoſen, Herſchels Planet genannt worden. Bode ſchlug den Namen Uranus vor, und Herſchel ſelbſt nannte den neuen Planeten, zu Ehren des Königs von England: Georgsplanet. Herſchel erhielt für ſeine Entdeckung vom König von England einen Jahrgehalt von 300 Pf. Sterling und freie Wohnung zu Datchat bei Windſor, wurde von der königl. Societät zum Mitglied aufgenommen und mit der Capleyſchen Medaille beehrt, welche jährlich zur Belohnung der wichtigſten Entdeckungen ausgeſetzt iſt; die Univerſität Oxford ertheilte ihm die Doctorwürde.

nadinſuboxyd iſt ein ſchwarzes, zum Theil wenig metalliſch glänzendes Pulver, in Waſſer, Säuren und Alkalien, bei Ausſchluß der Luft, unauflöslich, ein guter Leiter der Elektricität und oxydirt ſich bei Einwirkung von Luft und Waſſer und wird grün. Beim Erhitzen an der Luft verbrennt es wie Zunder zu Oxyd. — Das Vanadinoxyd iſt eine ſchwarze, erdige, unſchmelzbare, im Waſſer unlösliche Maſſe. Es bildet aber mit Waſſer ein grauweißes Hydrat und mit Säuren die Vanadinoxydſalze, ſo wie mit ſtärkeren Baſen vanadinichtſaure Salze. — Die Vanadinſäure iſt ein roſtgelbes oder ziegelrothes Pulver, welches in gelinder Glühhitze ſchmilzt und beim Erkalten zu einer glänzend rothen, nicht flüchtigen kryſtalliniſchen Maſſe erſtarrt. Sie iſt im Waſſer etwas löslich und röthet feuchtes Lakmus. Mit Säuren bildet ſie meiſtens rothe oder zitrongelbe Salze von ſtarkzuſammenziehendem Geſchmack. Mit Baſen gibt ſie vanadinſaure Salze. Auch mit Vanadinoxyd verbindet ſich die Vanadinſäure in verſchiedenen Verhältniſſen und bildet zum Theil prächtig purpurfarbene, orangefarbene oder ſchöne grüne Auflöſungen. — Das einfache Chlorvanadin (Vanadinchlorür) iſt im waſſerhaltigen Zuſtande als ſalzſaures Vanadinoxyd bekannt, blau oder braun. Das anderthalb (dreifach) Chlorvanadin (Vanadinchlorid) iſt eine hellgelbe Flüſſigkeit, die an der Luft rothgelbe Dämpfe ausſtößt, in der Hitze flüchtig iſt. Im Waſſer iſt ſie ſehr löslich zu einer ſich (von ſich ausſcheidenden Vanadinſäure) trübenden Flüſſigkeit, welche ſich in mehr Waſſer als eine gelbliche Flüſſigkeit von ſalzſaurer Vanadinſäure wieder löſt, welche an der Luft unter Chlorentwickelung erſt grün, dann blau wird. Mit Ammoniak verdichtet ſich das Chlorid zu einer feſten weißen Salzmaſſe, anderthalb Chlorvanadin-Ammoniak, welches in der Hitze unter Zurücklaſſung von Vanadin zerlegt wird. — Aehnliche Verbindungen wie Chlor, gehen auch Brom, Jod und Fluor mit Vanadin ein. Von Schweflungsſtufen ſind zwei bekannt.

Ventilator, (v. d. lat. ventus Wind) ein Apparat um aus einem eingeſchloſſenen Raume verdorbene Luft auszuführen und friſche Luft in denſelben einzubringen. Die Ventilatoren ſind theils Inſtrumente, welche förmlich zum Ausſchöpfen der Luft eingerichtet ſind, theils Vorrichtungen um das Ausſtrömen erwärmter und darum zugleich ſich ausdehnender Luft und dafür Einſtrömen friſcher Luft zu erlauben und zu befördern. Zu den letzten gehört der allgemein gebräuchliche ſehr einfache Radventilator. Man bringt denſelben gewöhnlich in Fenſtern an. Er beſteht aus einem etwa $2\frac{1}{2}$ Z. weiten kurzen Blechcylinder, welcher nach der Seite des Zimmers durch einen Deckel verſchloſſen werden kann. Mitten durch den Cylinder gehen zwei ſchmale Leiſten, welche in der Mitte mit Löchern, die als Zapfenlager dienen, verſehen ſind, und zwiſchen denen ſich ein Rad, ſenkrecht auf die Axe des Cylinders leicht umdrehen kann. Dieſes Rad, im Durchmeſſer etwas kleiner als der Cylinder, beſteht aus windmühlflügelartigen Blechblättern, welche fächerartig rings um den Mittelpunkt des Rades herumgeſtellt ſind, ſo daß zwiſchen je zwei Blättern ein Durchweg bleibt und die eine

Kante jedes Blattes über einer Kante des ihm folgenden Blattes ſteht; ſie ſind mithin ſämmtlich ſchief geſtellt. Da ſie ſich im obern Theile des Zimmers befinden, nach welchem die erwärmte Luft aufſteigt, ſo drängt ſich dieſe zwiſchen den einzelnen Flügeln des Rades hindurch und bringt dadurch das Rad zur Umdrehung. — Von dem Beſtreben des Einſtreichens kalter Luft in ein erwärmtes Zimmer und des Ausſtreichens der warmen Luft aus demſelben, kann man ſich überzeugen, wenn man die Thüre öffnet, welche ein geheiztes Zimmer mit einem ungeheizten verbindet. Schon das Gefühl zeigt oben einen ausſtrömenden warmen, unten einen einſtrömenden kalten Luftzug an, noch deutlicher aber wird die Richtung des Luftzugs, wenn man ein brennendes Licht in die Thüröffnung hält. Unten am Boden wird die Lichtflamme in das erwärmte Zimmer hereingetrieben, oben wird ſie aus demſelben herausgetrieben (gleichſam als blieſe man mit einem Löthrohr gegen die Flamme). In der Mitte gibt es eine Stelle, wo die Flamme gerade in die Höhe brennt. Es liegt nach dieſer Beobachtung ſehr nah, einen Ventilator in der Art herzuſtellen, daß man ſowohl von dem oberen Theil eines Zimmers einen Kanal führt, welcher die erwärmte und durch den Aufenthalt von Menſchen u. ſ. w. verdorbene Luft abführt, als einen andern Kanal in den untern Theil des Zimmers leitet, welcher friſche Luft einführt. Des letzteren kann man in vielen Fällen entbehren, weil kein Zimmer ſo feſt verſchloſſen zu ſein pflegt, daß nicht Luft von außen allmählig einzutreten vermöchte, wenn die Luft im Zimmer ſelbſt nur einen Ausweg hat. Anſtatt die friſche Luft in den untern Theil des Zimmers zu führen, welches einen unangenehmen Zug an die Füße verurſachen würde, der Erkältungen veranlaſſen kann, ſchlägt Cavallo vor, aus einer Oeffnung in der Decke eine Röhre an der äußeren Mauer herabzuführen und ſie in der Nähe des Erdbodens münden zu laſſen. Durch dieſe Röhre ſteige dann friſche Luft in demſelben Maße auf, als ſich durch die andere nach oben gehende Röhre Luft entfernt, und die kalte Luft miſche ſich von oben allmählig mit der Zimmerluft, ohne eine merkliche Kälte zu bewirken.

Eine einfache Einrichtung hat de l'Isle de St. Martin angegeben. Es wird durch eine verticale Röhre (Fig. 366.) vt die Luft ausgeführt; abcd iſt die Mündung dieſer Röhre, ablp der untere, nmq der obere Hut; r ein Kaſten, in welchem ſich die untere Oeffnung der verticalen Röhre vt endigt, mit Oeffnungen s, x verſehen, welche durch Schieber bald mehr, bald weniger geöffnet werden können. Die Größe dieſer Einrichtung richtet ſich bloß nach der Oeffnung abcd. Hat man dieſe beſtimmt, ſo erhält dadurch der untere Hut ſeine Form, daß man $bf = bl = 1\frac{1}{2}$ ab nimmt. Um die Größe des obern Hutes zu beſtimmen, wird auf dem verlängerten Durchmeſſer ab, $bm = 1\frac{1}{4}$ ab, und $bn = ab$ auf bm ſenkrecht genommen. Dieſer obere Hut wird durch vier Streben, wie mo, an den untern befeſtigt. Befindet ſich der Kaſten r im Zimmer, und die Röhre vt geht mit den beiden Hüten in die freie Luft hinaus, ſo wird dadurch ein beſtändiges Ausſtrömen der Luft aus dem Zimmer durch die Röhre vt bewirkt. Auf ſolche Art ſteigt nämlich die wärmere und leichtere Luft des Zim-

mers durch v t auf, ſchlägt gegen n an, und wird durch die Form der Hüte ſo abgeleitet, daß daraus ein Luftzug zwiſchen beiden Hüten entſteht. Durch dieſen Luftzug wird nach der Erklärung des Erfinders der Druck der Atmoſphäre auf die Oeffnung a b c d in etwas geſchwächt, welches verurſacht, daß das Ausſtrömen der elaſtiſchern Luft des Zimmers ununterbrochen fortdauert. Man kann ſich hiervon durch die Erfahrung überzeugen, wenn man die Schieber s, x verſchließt, in die Seite z ein offenes Rohr einſetzt, und an deſſen Ende eine Lichtflamme hält. Denn wenn man alsdann durch Blaſen einen Luftzug zwiſchen den beiden Hüten bewirkt, ſo wird die Flamme ſogleich in die Oeffnung der Röhre hineingetrieben, welches ein deutlicher Beweis des Einſtrömens der Luft iſt. Wenn zwei Röhren als Ventilatorvorrichtung angebracht ſind, ſo wird derjenige, welcher die verdorbene Luft ausführt, der Saugventilator genannt, der andere, welcher friſche Luft einführt, der Druckventilator. Da der Fall ſein kann, daß der Unterſchied der ſpecif. Gewichte der innern und äußern Luft, durch den die Strömung veranlaßt wird, zu gering ſei, um die Ventilatoren in gehörige Thätigkeit zu ſetzen, ſo ſchlägt Parrot eine Einrichtung vor die Wirkſamkeit beider Ventilatoren zu erhöhen. Der Druckventilator hat mit den angeführten Ventilatoren de l'Isle de St. Martin Aehnlichkeit.

Es iſt nämlich (Fig. 366.) c t eine an beiden Enden offene Röhre. Auf ihrer obern Mündung ſitzt ein abgekürzter Kegel a b l p, welcher an ſeiner obern Fläche offen iſt, und damit auf die Mündung der Röhre paßt. Gerade über dieſem iſt ein zweiter abgekürzter Kegel n m q, dem erſtern gleich und ähnlich, ſo daß die untere Grundfläche des obern mit der obern des untern in einerlei horizontalen Ebene liegt. Die untere Mündung der Röhre iſt an einem überall genau verſchloſſenen Behältniſſe r s, mit welchem ſie verbunden iſt, befeſtigt. Aus dieſem Behältniß gehen Röhren in alle Zimmer, in welchen die Luft gereinigt werden ſoll. Das ganze Behältniß wird im obern Theile des Hauſes angebracht, und die Röhre c t muß ſo weit ſein, daß ihr Durchſchnitt gerade doppelt ſo viele Quadratzolle enthält, als Menſchen ſind, für welche die Maſchine die Luft reinigen ſoll. In anderer Rückſicht muß ihre Mündung ſo groß ſein, als die Summe der Mündungen aller in die Zimmer gehenden Röhren. Ihre Länge iſt ſo groß, daß die beiden Kegel über das Dach hervorragen, und ſo frei ſtehen, daß jeder benachbarte Gegenſtand wenigſtens 20 Fuß davon entfernt ſei. Bläſt nun der Wind zwiſchen m l hinein, ſo ſtreift er auf der untern Kegelfläche über der Mündung der Röhre, und ſaugt die Luft aus derſelben heraus, mithin auch aus den Luftröhren und Zimmern. Parrot ſtellt nun auf Erfahrungen gegründete Unterſuchungen über die Wirkungen des Windes an, wenn er in vorgeſchriebenen Wegen auf eine ſchiefe Ebene ſtößt, und ſucht daraus die fächerförmige Ausbreitung deſſelben (amplitudo reflexionis) zu beſtimmen. — Der Kaſten r s dient hauptſächlich dazu, damit man feſte Punkte erhalte, um communicirende Röhren anzubringen. Die Entfernungen der Mündungen der Leitröhren von der Mündung t, hängen von der Geſchwindigkeit des Luftſtroms ab. Parrot zeigt, daß keine größere Geſchwindigkeit als die von 1 Fuß

in einer Secunde nöthig ſei, daher es hinreichend iſt, wenn zur Breite und Länge des Kaſtens nebſt dem Durchmeſſer von t c, und zur Höhe die Länge von 1 Fuß 1 Zoll, nebſt dem Durchmeſſer einer Leitröhre genommen werden. Die Mündung der Leitröhre ſelbſt kommt ein Zoll über den Boden des Kaſtens. Sollte eine Seite des Kaſtens frei von Röhren ſein, ſo muß dieſe Seite von der Röhre t c nur ein Zoll entfernt ſein. Uebrigens muß man nirgends ein Knie an den Leitröhren anbringen, ſondern daſelbſt, wo etwa eine andere Richtung der Luftröhre nöthig wäre, einen Nebenkaſten anbringen, deſſen Dimenſionen aber nur halb ſo groß ſind, als bei dem Hauptkaſten r s. Der Winkel, welchen die Seite des Kegels mit ſeiner Grundfläche macht, muß 24 bis 25 Grad betragen; der obere Durchmeſſer des Kegels iſt allemal der dritte Theil des untern. Der Raum zwiſchen beiden Kegeln iſt in 8 Kammern abgetheilt, deren Wände den obern Kegel tragen, und verlängert durch die Axe der Röhre t c gehen; ihre Länge beträgt aber nicht mehr als die Hälfte des Halbmeſſers, womit die größere Grundfläche des Kegels beſchrieben worden, oder $\frac{3}{4}$ von der Seite des Kegels. Auf ſolche Art iſt die äußere Oeffnung jeder Kammer beinahe dem Durchmeſſer der kleinern Grundfläche des Kegels gleich. Bläſt nun der Wind in die ihm entgegenſtehende Kammer, ſo füllt er ſie mit einem Strome, deſſen Dichtigkeit gegen den Mittelpunkt immer zunimmt. Wo aber die Wände aufhören, wirkt dieſer Strom durch Adhäſion, oder, wie ſich Parrot ausdrückt, durch Friction, und bringt daher über der Oeffnung a b eine Ausdehnung der Luft hervor. Die Oeffnung n des obern Kegels darf nicht unbedeckt bleiben, denn ſonſt würden nicht allein die oberſten Windſtrahlen ohne Saugung unbenutzt zur Oeffnung hinausgehen, ſondern ſie würden auch zwiſchen den Seitenflächen der Kegel einen Raum mit verdünnter Luft verurſachen, wodurch der einſtrömende Luftſtrom nicht gerade auf der Seitenfläche des untern Kegels fortgleiten könne, ſondern über dieſelben emporgehoben werde. Man verſchließt daher die obere Oeffnung mit einer kreisförmigen Scheibe, welche von außen zum Ablaufen des Regens etwas erhaben gemacht werden kann. Was die Wirkung der Maſchine betrifft, ſo berechnet Parrot, daß die Geſchwindigkeit, womit die Luft herausgeſogen wird, ſich zu der, mit welcher der Wind von außen zwiſchen die Kegel bläſt wie 2 zu 5 verhält. Mannichfaltige Verſuche, die er mit Ventilatoren von allen Gattungen und Größen bis auf 2 Fuß im Durchmeſſer gemacht hatte, beſtätigten dieſe Theorie. — Die Wirkung des Saugventilators würde aber bald aufhören, wenn die Luft, die er fängt, nicht augenblicklich wieder erſetzt wird. Zu dieſer Abſicht wäre nun ſchon eine bloße Oeffnung, ein Windrädchen oder eine Röhre, die in die freie Luft reicht, hinlänglich. Allein um die Wirkung der Saugmaſchine zu vermehren, gibt Parrot einen eignen Druckventilator an, welcher eine gewiſſe Quantität friſcher Luft in den zu reinigenden Ort preßt. Hierzu wird ein Kaſten mit den Leitröhren und der Röhre t c, wie im vorigen, angelegt, nur der Kopf wird ſo umgekehrt, daß die größern Grundflächen der Kegel ſich aufwärts kehren; auch werden die Kegel etwas ſpitziger, und die Seitenfläche des oberſten, wie die Oeffnung einer Trompete, krummlinicht

gemacht. Der Durchmeſſer der kleinen Grundfläche iſt hier nur $\frac{1}{4}$ des größern, auch ſind die größern Grundflächen beider Kegel gleich. Der Durchmeſſer der Röhre hat, wie bei dem Saugventilator, $\frac{1}{3}$ vom Durchmeſſer der größern Grundfläche. Zwiſchen beiden Kegelflächen werden hier 12 Windkammern angelegt. Zur Bedeckung gegen die üble Witterung dient ein kegelförmiges Dach, welches mit einer Rinne zum Aufenthalte des Regens und ſechs Oeffnungen, wie Tagelöchern, verſehen iſt. Inwendig hängt dieſen Oeffnungen gerade gegenüber ein leichtes Bretchen frei an zwei Lederſtücken, an welche der Wind beim Eintritt ſtößt, und dadurch gegen die untere Mündung gerichtet wird.

Was die zweite Art von Ventilatoren betrifft, ſo hat ſie im Allgemeinen Aehnlichkeit mit gewiſſen Gebläſen, deren man ſich zu Beförderung des Verbrennungsproceſſes bedient (S. d. Art. Verbrennen). Der Erfinder der erſten derartigen Maſchine war Hales. Sein Ventilator beſteht aus zwei hölzernen Kaſten oder Parallelepipedis, deren jedes in der Mitte durch eine um ein Charnier bewegliche hölzerne Klappe (Diaphragma) getheilt iſt. Dieſe Klappen ſind an einer Seitenfläche des Kaſtens durch das Charnier befeſtigt, und ſtehen von den übrigen Seiten ringsum um $\frac{1}{20}$ Zoll ab. Sie ſind durch eiſerne Stangen an einen Hebel ſo befeſtigt, daß man durch Hin- und Herbewegen der Hebelſtange, wie bei dem doppelten Druckwerke, abwechſelnd eine Klappe um die andere erheben und wieder niederdrücken kann. An den Grundflächen jedes Kaſtens befinden ſich vier Ventile, zwei derſelben öffnen ſich nach innen, zwei nach außen. Jeder Kaſten iſt an der Stelle, wo ſich die auslaſſenden Ventile befinden, mit einem vorliegenden kleinen Kaſten oder Parallelepipedum verbunden, in welches man bewegliche Röhren einſetzen kann, um durch ſelbige die Luft dahin zu leiten, wo man deren nöthig hat. Man ſieht leicht, daß man es durch dieſe Maſchine in ſeiner Gewalt hat, ihrer verſchiedenen Stellung gemäß, entweder die verdorbene Luft auszupumpen, oder friſche Luft einzubringen. Im erſten Falle muß der Ventilator ſo ſtehen, daß ſeine einſaugenden Ventile mit dem Zimmer verbunden ſind, das Ende der Röhre aber hinaus in die freie Luft geht. In dieſer Stellung, welche Hales für die vortheilhafteſte hält, konnte man mit einem doppelten Kaſten (von 10 Fuß Länge, 3—4 Zoll Breite und 13 Zoll Höhe) in einer Stunde auf 25000 Tonnen Luft auspumpen, und die friſche Luft ging dagegen ſo unvermerkt ein, daß weder die Kranken, noch die Schlafenden im Zimmer davon einige Unbequemlichkeit empfanden. Doch bemerkt der Erfinder, wenn man recht reine Luft auf den Schiffen haben wolle, ſo müßte der Ventilator faſt immer in Bewegung erhalten werden. Um friſche Luft einzublaſen, müßte die Maſchine außerhalb des Zimmers ſtehen, und die Leitröhre ins Zimmer geführt werden, wobei aber der entſtehende Wind unbequem fallen würde.

Venus (v. d. röm. Liebesgöttin Venus) iſt der hellſte und ſchönſte Planet, der zweite von der Sonne aus, zwiſchen Merkur und Erde, der daher auch von allen Planeten der Erde am nächſten kommt. Er zeichnet ſich durch ſtarkes blendend weißes Licht aus, und kann unter

günſtigen Umſtänden (wie der Mond) ſogar am Tage erblickt werden, auch iſt zuweilen ſein Licht ſo ſtark, daß es Schatten der Gegenſtände auf der Erde zu bewirken vermag. Er erſcheint immer nur kurz nach Sonnenuntergang und kurz vor Sonnenaufgang, d. h. ſtets in der Nähe der Sonne, und man nennt ihn daher als Stern des Abends: *Abendſtern* oder *Heſperus* und als Stern des Morgens: *Morgenſtern* oder *Lucifer*. Die mittlere Entfernung der Venus von der Sonne beträgt 15 Mill. Meilen. Unter allen Planeten hat ſie die am nächſten kreisrunde Bahn. Die größte Nähe der Venus bei der Erde iſt 5 Mill. Meilen, die größte Entfernung aber 35 Mill. Meilen. Daher erſcheint dieſer Planet, deſſen wahrer Durchmeſſer 1680 Meilen beträgt, in der Erdnähe mit einem ſcheinbaren Durchmeſſer von 66 Sec., in der Erdferne dagegen nur noch mit einem Durchmeſſer von 10 Sec. Venus iſt nur wenig kleiner als die Erde, ihre Oberfläche (8376000 Quad. Meil.) iſt beinah $\frac{9}{10}$ der Erdoberfläche, ihr Volum. (2280 Mill. Kubikmeil.) $\frac{8}{10}$ vom Volumen der Erde. Die ſideriſche Umlaufszeit der Venus um die Sonne geſchieht in 224,701, die tropiſche in 224,595 und die ſynodiſche in 583,921 Tagen. Ihre Geſchwindigkeit iſt 111500 par. Fuß oder 4,9 d. Meil. in der Secunde. Die Dichte der Venus iſt nur wenig größer als die Erde, ihre Maſſe $\frac{9}{10}$ der Erdmaſſe. Die Körper fallen auf der Venus um wenig ſchneller als auf der Erde, nämlich 15,87 F. in der erſten Sec. Da die Venus ein unterer Planet iſt (ſ. d. Art. *Planeten*), ſo zeigt ſie ähnliche Phaſen wie der Mond, je nachdem ſie der Erde mehr oder weniger ihren beleuchteten Theil zukehrt. Man kann dieſe Lichtabwechſelungen ſchon durch mittelmäßige Fernröhre betrachten. Namentlich durch Beobachtungen von *Schröter* iſt es außer Zweifel geſetzt, daß die Venus von einer Atmoſphäre umgeben iſt, welche der Atmoſphäre der Erde an Höhe und Dichte ziemlich gleich kommt. Man ſchließt dieſes aus dem Umſtande, daß die Scheibe der Venus keine ſcharfabgeſchnittene Grenze (wie der Mond) hat. Geht die Venus z. B. vor einem Fixſterne vorüber, ſo verſchwindet dieſer nicht plötzlich hinter der Venus, ſondern das Licht deſſelben wird ſchwächer, je näher es dem Rande der Venus kommt, d. h. je dichtere Schichten der Atmoſphäre des Planeten den Stern verbergen. Aus dem Umſtande ferner, daß die Lichtgrenze der Venus nicht regelmäßig gekrümmt, ſondern gewiſſermaßen ausgezackt erſcheint, hat man auf das Vorhandenſein von Bergen geſchloſſen. Namentlich bemerkt man die erwähnte Unregelmäßigkeit an den Hörnern der ſichelförmigen Phaſe des Planeten, welche bald mehr bald weniger zugeſpitzt erſcheinen, bald mehr bald weniger in den verdunkelten Theil hineinragen. Ueberdieß ſieht man oft in beträchtlicher Entfernung von der Lichtgrenze einzelne lichtere Punkte, wahrſcheinlich Berge, welche das Licht der Sonne noch trifft, während es die ſie umgebenden tiefer liegenden Orte ſchon nicht mehr erreicht. Aus der Entfernung der lichten Punkte von der Lichtgrenze kann man auch auf die Höhe der Berge ſchließen. Aus ſolchen Betrachtungen zog *Schröter* den Schluß, daß die Venus ſehr hohe und viele Gebirge haben müſſe. Derſelbe entdeckte Berge, welche eine Höhe von 6 Meilen haben und mithin ſechsmal höher als die

höchſten Berge der Erde ſind. Die höchſten Berge finden ſich, wie auf der Erde auf der ſüdlichen Halbkugel. Die Umdrehungszeit der Venus berechnete Schröter, namentlich nach den erwähnten, periodiſch wiederkehrenden Veränderungen der Hörnerſpitzen auf 23 St. 21 Min. Dunkele, ihre Stelle unveränderlich beibehaltende Flecke, hat man auf der Venus gar nicht oder doch nur ſehr ſchwach, bemerken können, (aus denen man die Umdrehungszeit berechnen könnte) jedoch ſah Schröter veränderliche Flecken, welche Wolken der Atmoſphäre zu ſein ſchienen. Die Seltenheit und Schwäche dieſer Flecken, leitet zu dem Schluß, daß die Atmoſphäre der Venus nur von wenigen und nicht dichten Wolken erfüllt ſein könne. Während die Länge des Tages auf der Venus ziemlich mit der Länge des Erdtages übereinſtimmt, müſſen die Jahreszeiten der Venus ſehr von denen der Erde abweichen, wenn anders wahr iſt, daß die Schiefe der Ekliptik, von welcher die Jahreszeiten abhängen 72° beträgt *). Mehre Aſtronomen haben einen Mond der Venus

*) Littrow macht folgende intereſſante Bemerkung. „Wenn der Aequator dieſes Planeten gegen die Bahn deſſelben in der That um volle 72 Grade geneigt iſt, (was aber noch einer genaueren Beſtätigung bedarf, da Schröter ſich nie beſtimmt darüber ausgeſprochen hat,) ſo würde die heiße Zone, deren Bewohner die Sonne noch in ihrem Scheitel ſehen können, ſich in einer Breite von 144 Graden um dieſen Planeten erſtrecken, während die Breite dieſes Gürtels auf der Erde nur 47 Grade beträgt. Nennt man aber kalte Zone diejenigen Theile eines Planeten, für welchen die Sonne mehre Tage im Jahre nicht auf- oder nicht untergeht, ſo würde man von dieſer heißen Zone die beiden äußern Theile, deren jeder eine Breite von 54 Graden hätte, auch zugleich zur kalten Zone rechnen müſſen. Man würde alſo in jeder Hemiſphäre eine heiße Zone haben, die von dem Aequator bis zu dem 18. Grade der nördlichen oder ſüdlichen Breite geht, und in welcher die Sonne durch das ganze Jahr täglich auf- und untergeht. Die kalte Zone aber würde um jeden der beiden Pole herumliegen und ſich von ihnen ebenfalls 18 Grade gegen den Aequator hin erſtrecken und in dieſer Zone würde man die Sonne nie im Scheitel ſehen. Die gemäßigte Zone aber, die zwiſchen jenen beiden in der Mitte liegt und eine Breite von 54 Graden hat, würde einen Theil des Jahres hindurch die Sonne gar nicht ſehen, wie in der irdiſchen kalten Zone, und einen andern Theil des Jahres würde ſie wieder die Sonne in ihrem Zenithe haben, wie in unſerer heißen Zone, ſo daß alſo die ſogennnnte gemäßigte Zone der Venus aus der heißen und kalten gleichſam zuſammengeſetzt ſein würde. Die Folge davon wird ſein, daß die ganze Oberfläche der Venus, nur die beiden kleinen kalten Zonen ausgenommen, die Sonnenſtrahlen zuweilen in ſenkrechter Richtung erhalten wird. Die Bewohner der Grenze der beiden kalten Zonen werden in ihrem Sommer die Sonne im Mittage ſehr nahe bei ihrem Zenithe ſehen, ja ſelbſt für die Bewohner der beiden Pole wird ſie ſich noch bis auf eine Höhe von 72 Graden erheben, wie dieß bei uns für das ſüdliche Spanien und Griechenland der Fall iſt. Dieſe Polarbewohner werden an ihren längſten Tagen, wo ihnen die Sonne nicht untergeht, im Augenblick der Mitternacht dieſe Sonne noch in einer Höhe von 54 Graden, alſo in derſel-

zu ſehen geglaubt, doch haben ſich ihre Beobachtungen nicht beſtätigt. Das Zeichen der Venus iſt ♀. — Vergl. d. Art. Planeten und Durchgänge des Merkurs oder der Venus durch die Sonnenſcheibe.

Verbindung, chemiſche Miſchung oder Einung, heißt die durch die chemiſche Verwandtſchaft (ſ. d. Art.) hervorgebrachte Vereinigung verſchiedenartiger Körper (der Beſtandtheile ſ. d. Art.). Wenn eine chemiſche Verbindung erfolgen ſoll, müſſen heterogene Körper zuſammengebracht werden, und die Verwandtſchaft derſelben muß größer ſein, als die ihr entgegenſtehenden phyſiſchen Kräfte. Zu dieſen entgegenſtehenden Kräften gehört namentlich die Cohäſion, dieſelbe muß aufgehoben werden, wenn eine chemiſche Verbindung zu Stande kommen ſoll. Man kann daher die Verbindung befördern, wenn man die Cohäſion der Beſtandtheile aufhebt, welches durch Zertheilung geſchieht. Beſonders aber iſt nöthig, daß wenigſtens ein Beſtandtheil in flüſſigem Zuſtande angewendet werde, weil in den Flüſſig-

---

ben Höhe ſehen, in welcher bei uns die Bewohner von Petersburg die Sonne im Mittage ihres längſten Tages erblicken. Die von dem Aequator über 18 Gräde entfernten, noch in der heißen Zone liegenden Länder werden einen Theil des Jahres durch von den ſenkrechten Strahlen der Sonne verbrannt, und zu einer andern Zeit wieder von Wochen langen Nächten abgekühlt und alles Sonnenlichtes gänzlich beraubt werden. Die Bewohner dieſes Planeten werden daher mit ſehr ſchroffen Abwechslungen ihrer Jahreszeiten zu kämpfen haben, die übrigens dadurch einigermaßen gemildert werden mögen, daß ſie wegen der kurzen Umlaufszeit der Venus um die Sonne, nur etwa halb ſo lange dauern, als die Jahreszeiten der Erde. — Wenn wir uns durch dieſe Verhältniſſe etwas eingeengt fühlen müßten, ſo würden wir uns, auf dieſen Planeten verſetzt, durch andere Genüſſe vielleicht wieder entſchädigt finden, vorausgeſetzt, daß unſere Organiſation eine ſolche Veränderung unſeres Wohnortes ertragen könnte. Welche Ausſicht würden wir z. B. von den Gipfeln der ſechs Meilen hohen Berge der Venus genießen. Von Wien würden wir mit einem Fernrohr bis Hamburg, Paris und Neapel ſehen, und eine Kreisfläche der Erde von mehr als hundert Meilen überſchauen können. Lange nach dem Untergange der Sonne würden wir noch die Gipfel der benachbarten Gebirge von ihren Strahlen vergoldet ſehen, und die Schönheit dieſes Schauſpiels würde noch erhöht werden durch die reinere klarere Atmoſphäre, in der wir beinahe keine matte Wolke erblicken, und in der trübe oder regnige Tage zu den größten Seltenheiten gehören. Und welchen Anblick mag bei dieſer ſtets heitern Luft der geſtirnte Himmel gewähren, wo alle Sterne und Planeten in hellem Lichte ſtrahlen, wo die Sonne in ihrer Oberfläche viermal größer, als bei uns, erſcheint, und ein zweimal ſtärkeres Licht, als unſere Mittagsſonne, verbreitet. Unſere Erde ſelbſt erſcheint den Bewohnern der Venus zur Zeit ihrer größten Nähe, in der untern Conjunction, neunmal größer als uns die Venus, und in ganz vollem Lichte, in einem neunmal ſtärkern Lichte, als Venus in ihrem ſchönſten Glanze der Erde zuſendet."

keiten die Beſtandtheilchen ſo leicht auf einander verſchiebbar ſind, daß ſie die Vortheile der feinſten Zertheilung darbieten. Man hat daher ein altes chemiſches Sprichwort: „corpora non agunt nisi fluida," (d. h. die Körper wirken nur im flüſſigen Zuſtande). Indeß kommen allerdings auch Fälle vor, wiewohl nur wenige, wo auch feſte Körper, wenn ſie mit einander in Berührung kommen, chemiſche Thätigkeit äußern, z. B. Salmiak und Kalk; Eis und mehre Salze u. a. Viele Körper, auch flüſſige, gehen nur in hoher Temperatur Verbindungen ein, und überhaupt iſt die Wärme ein mächtiges Beförderungsmittel chemiſcher Vereinigung. Indeß iſt bei manchen ausdehnſamen Flüſſigkeiten Temperaturerniedrigung nöthig, wenn ſie ſich mit tropfbarflüſſigen oder feſten Körpern verbinden ſollen. Namentlich die Verbindungen ausdehnſamer Flüſſigkeiten werden durch Licht und Elektricität bewirkt; aber auch feſte fein zertheilte Stoffe (z. B. Platinſchwamm) können Verbindungen luftförmiger Körper mit einander veranlaſſen. So z. B. wird Sauerſtoffgas und Waſſerſtoffgas ſowohl durch den elektriſchen Funken als auch durch Platinſchwamm (ſ. d. Art. Feuerzeug S. 433. u. Waſſerſtoffgas) zu Waſſer verbunden. Die flüſſigen chemiſchen Verbindungen, welche durch Vereinigung feſter und flüſſiger Körper oder durch Verbindung mehrer Flüſſigkeiten entſtehen, heißen Löſungen (ſ. d. Art.) oder Auflöſungen. — S. Weiteres im Art. Verwandtſchaft, chemiſche.

Verbrennung iſt die lebhafte Verbindung zweier Körper unter Licht- und Wärmeentwickelung. In der Chemie verſteht man jedoch unter dieſem Worte, Verbindung der Körper mit Sauerſtoff, wobei es gleich iſt, ob Licht und Wärme ſich zeigt oder nicht, und gebraucht es gleichbedeutend mit Oxydation. Gewöhnlich iſt der Sauerſtoff derjenige Körper, durch deſſen Verbindung mit andern die Verbrennung erfolgt, wie bei dem Verbrennen von Kohlen. Aber auch bei Verbindungen von Chlor, Jod, Phosphor, Schwefel und Cyon mit den Metallen, ja bei der Verbindung zweier Metalle unter einander iſt Feuererſcheinung wahrgenommen worden. Um ſich davon zu überzeugen, darf man nur einen Flintenlauf an ſeinem Schwanzſchraubenende glühend machen, dann durch die Mündung Stückchen von Schwefel hinunterfallen laſſen, und in den durch Blaſen in die Mündung aus dem Zündloche herausgetriebenen Schwefeldampf einen Eiſendraht halten. Durch die Verbrennung des Schwefels in der Luft kommt der Eiſendraht in hinlängliche Hitze, und die Verbindung des Schwefels mit dem Eiſen erfolgt unter lebhaften Lichte. — Um die Verbrennung des Kupfers im Schwefelgaſe hervorzubringen, ſchütte man in das untere Ende eines kleinen Probiergläschens ein wenig Schwefel, und bedecke dieſen mit einer Schicht Kupferfeile oder Kupferdrehſpähne. Beim Erwärmen über der Spirituslampe wird der Schwefel flüchtig, und die Verbindung des Kupfers mit dem darüber hinſtreichenden Schwefeldampf geſchieht unter lebhaftem Glühen, und ſo ſtarker Wärmeentwickelung, daß man oft das Glas an den Stellen geſchmolzen findet. Eben ſo verbrennen Kupferblättchen (unechtes Blattgold) und gepulvertes Anti-

mon in Chlorgas eingetaucht ſehr lebhaft. Kalium entzündet ſich, wenn es in ganz trocknes Cyangas geworfen wird u. ſ. w.

Zur Erzeugung der Feuererſcheinung iſt eine große Lebhaftigkeit der Verbindung nöthig, die durch die Verwandtſchaft der Körper bedingt iſt. Wenn dieſe letztere ſtark genug iſt, ſo wird ſchon bei gewöhnlicher Temperatur die Entzündung erfolgen, während ſie im entgegengeſetzten Falle noch durch Wärme erhöht werden muß. So iſt beim Phosphorwaſſerſtoffgas dieſe Temperaturerhöhung nicht nöthig, indem ſelbſt in der Winterkälte Blaſen dieſer Gasart, welche in die atmoſphäriſche Luft gelangen, ſich entzünden. Einige, wie Phosphor und Schwefel, bedürfen keiner großen Erhitzung, Phosphor entzündet ſich ſchon bei 37½° C., und Schwefel bei 294° C., während andere Körper, wie Kohle, Zink erſt zum Glühen erhitzt werden müſſen. Phosphor und Schwefel haben auch ſchon bei gewöhnlicher Temperatur große Verwandtſchaft zum Sauerſtoff, indem Phosphor, an der Luft liegend, Dämpfe von phosphorichter Säure ausſtößt, die im Finſtern ſelbſt leuchten, und die Schwefelblumen beſonders in gewitterreichen Zeiten ſauer reagiren, als Zeichen der durch langſames Verbinden des Schwefels mit dem Sauerſtoff gebildeten Säure. Die größte Verwandtſchaft indeß zum Sauerſtoff erhält die Kohle durch die Glühhitze.

Zur lebhaften Unterhaltung des Proceſſes iſt eine hinreichende Menge des mit dem brennbaren Körper ſich verbindenden Sauerſtoffes nöthig; denn iſt dieſer nur ſehr verdünnt vorhanden, ſo wird trotz der Erhitzung keine lebhafte Verbrennung entſtehen. Nach Davy läßt ſich ein aus 2 Raumtheilen Hydrogen und 1 Raumtheil Oxygen beſtehendes Gemenge bei 18maliger Verdünnung, ein Gemeng aus 2 Raumtheilen Hydrogen und 5 Raumtheilen atmoſphäriſcher Luft ſchon bei 6facher Verdünnung nicht mehr entzünden. Eine Stahlfeder läßt ſich in atmoſphäriſcher Luft nicht entzünden, brennt aber in reinem Sauerſtoffgaſe unter hellem Funkenſprühen. — Die Menge des zur Verbrennung nöthigen Stoffes, iſt nicht bei allen Körpern dieſelbe. So brennt Phosphor noch in der Luft, die ſo wenig Oxygen enthält, daß Hydrogen und Schwefel nicht mehr entzündet werden können. Waſſerſtoff verliſcht bei 8facher, Schwefel brennt noch fort bei 15facher und Phosphor bei 60facher Verdünnung der Luft, und Phosphorwaſſerſtoff blitzt noch in möglichſt verdünnter Luft. Merkwürdig iſt hier eine Erſcheinung, die beim Phosphor eintritt, der in comprimirtem Oxygen nicht leuchtet, wohl aber wenn es verdünnt wird, ſei es durch Ausdehnung oder durch Vermengung mit Stickgas. Der Grund liegt nicht etwa in einer ſchnell ſich bildenden und dann das Innere vor der Berührung mit dem Sauerſtoff ſchützenden Oxydkruſte von rothem Phosphor, denn er bleibt völlig hell und weiß, und die Abſorption des Sauerſtoffes findet nur ſehr langſam ſtatt. Eine intereſſante Thatſache bemerkte Graham. Er fand nämlich, daß ſchon geringe Mengen von gewiſſen Gaſen und Dämpfen hinreichend waren, um den Phosphor in atmoſphäriſcher Luft nicht leuchtend zu machen. So findet keine langſame Verbrennung des Phosphors Statt bei 66° F., wenn

keiten die Beſtandtheilchen ſo leicht auf einander verſchiebbar ſind, daß ſie die Vortheile der feinſten Zertheilung darbieten. Man hat daher ein altes chemiſches Sprichwort: „corpora non agunt nisi fluida,“ (d. h. die Körper wirken nur im flüſſigen Zuſtande). Indeß kommen allerdings auch Fälle vor, wiewohl nur wenige, wo auch feſte Körper, wenn ſie mit einander in Berührung kommen, chemiſche Thätigkeit äußern, z. B. Salmiak und Kalk; Eis und mehre Salze u. a. Viele Körper, auch flüſſige, gehen nur in hoher Temperatur Verbindungen ein, und überhaupt iſt die Wärme ein mächtiges Beförderungsmittel chemiſcher Vereinigung. Indeß iſt bei manchen ausdehnſamen Flüſſigkeiten Temperaturerniedrigung nöthig, wenn ſie ſich mit tropfbarflüſſigen oder feſten Körpern verbinden ſollen. Namentlich die Verbindungen ausdehnſamer Flüſſigkeiten werden durch Licht und Elektricität bewirkt; aber auch feſte fein zertheilte Stoffe (z. B. Platinſchwamm) können Verbindungen luftförmiger Körper mit einander veranlaſſen. So z. B. wird Sauerſtoffgas und Waſſerſtoffgas ſowohl durch den elektriſchen Funken als auch durch Platinſchwamm (ſ. d. Art. Feuerzeug S. 433. u. Waſſerſtoffgas) zu Waſſer verbunden. Die flüſſigen chemiſchen Verbindungen, welche durch Vereinigung feſter und flüſſiger Körper oder durch Verbindung mehrer Flüſſigkeiten entſtehen, heißen Löſungen (ſ. d. Art.) oder Auflöſungen. — S. Weiteres im Art. Verwandtſchaft, chemiſche.

Verbrennung iſt die lebhafte Verbindung zweier Körper unter Licht- und Wärmeentwickelung. In der Chemie verſteht man jedoch unter dieſem Worte, Verbindung der Körper mit Sauerſtoff, wobei es gleich iſt, ob Licht und Wärme ſich zeigt oder nicht, und gebraucht es gleichbedeutend mit Oxydation. Gewöhnlich iſt der Sauerſtoff derjenige Körper, durch deſſen Verbindung mit andern die Verbrennung erfolgt, wie bei dem Verbrennen von Kohlen. Aber auch bei Verbindungen von Chlor, Jod, Phosphor, Schwefel und Cyon mit den Metallen, ja bei der Verbindung zweier Metalle unter einander iſt Feuererſcheinung wahrgenommen worden. Um ſich davon zu überzeugen, darf man nur einen Flintenlauf an ſeinem Schwanzſchraubenende glühend machen, dann durch die Mündung Stückchen von Schwefel hinunterfallen laſſen, und in den durch Blaſen in die Mündung aus dem Zündloche herausgetriebenen Schwefeldampf einen Eiſendraht halten. Durch die Verbrennung des Schwefels in der Luft kommt der Eiſendraht in hinlängliche Hitze, und die Verbindung des Schwefels mit dem Eiſen erfolgt unter lebhaften Lichte. — Um die Verbrennung des Kupfers im Schwefelgaſe hervorzubringen, ſchütte man in das untere Ende eines kleinen Probiergläschens ein wenig Schwefel, und bedecke dieſen mit einer Schicht Kupferfeile oder Kupferdrehſpähne. Beim Erwärmen über der Spirituslampe wird der Schwefel flüchtig, und die Verbindung des Kupfers mit dem darüber hinſtreichenden Schwefeldampf geſchieht unter lebhaftem Glühen, und ſo ſtarker Wärmeentwickelung, daß man oft das Glas an den Stellen geſchmolzen findet. Eben ſo verbrennen Kupferblättchen (unechtes Blattgold) und gepulvertes Anti-

mon in Chlorgas eingetaucht ſehr lebhaft. Kalium entzündet ſich, wenn es in ganz trocknes Cyangas geworfen wird u. ſ. w.

Zur Erzeugung der Feuererſcheinung iſt eine große Lebhaftigkeit der Verbindung nöthig, die durch die Verwandtſchaft der Körper bedingt iſt. Wenn dieſe letztere ſtark genug iſt, ſo wird ſchon bei gewöhnlicher Temperatur die Entzündung erfolgen, während ſie im entgegengeſetzten Falle noch durch Wärme erhöht werden muß. So iſt beim Phosphorwaſſerſtoffgas dieſe Temperaturerhöhung nicht nöthig, indem ſelbſt in der Winterkälte Blaſen dieſer Gasart, welche in die atmoſphäriſche Luft gelangen, ſich entzünden. Einige, wie Phosphor und Schwefel, bedürfen keiner großen Erhitzung, Phosphor entzündet ſich ſchon bei $37\frac{1}{2}°$ C., und Schwefel bei 294° C., während andere Körper, wie Kohle, Zink erſt zum Glühen erhitzt werden müſſen. Phosphor und Schwefel haben auch ſchon bei gewöhnlicher Temperatur große Verwandtſchaft zum Sauerſtoff, indem Phosphor, an der Luft liegend, Dämpfe von phosphorichter Säure ausſtößt, die im Finſtern ſelbſt leuchten, und die Schwefelblumen beſonders in gewitterreichen Zeiten ſauer reagiren, als Zeichen der durch langſames Verbinden des Schwefels mit dem Sauerſtoff gebildeten Säure. Die größte Verwandtſchaft indeß zum Sauerſtoff erhält die Kohle durch die Glühhitze.

Zur lebhaften Unterhaltung des Proceſſes iſt eine hinreichende Menge des mit dem brennbaren Körper ſich verbindenden Sauerſtoffes nöthig; denn iſt dieſer nur ſehr verdünnt vorhanden, ſo wird trotz der Erhitzung keine lebhafte Verbrennung entſtehen. Nach Davy läßt ſich ein aus 2 Raumtheilen Hydrogen und 1 Raumtheil Oxygen beſtehendes Gemenge bei 18maliger Verdünnung, ein Gemeng aus 2 Raumtheilen Hydrogen und 5 Raumtheilen atmoſphäriſcher Luft ſchon bei 6facher Verdünnung nicht mehr entzünden. Eine Stahlfeder läßt ſich in atmoſphäriſcher Luft nicht entzünden, brennt aber in reinem Sauerſtoffgaſe unter hellem Funkenſprühen. — Die Menge des zur Verbrennung nöthigen Stoffes, iſt nicht bei allen Körpern dieſelbe. So brennt Phosphor noch in der Luft, die ſo wenig Oxygen enthält, daß Hydrogen und Schwefel nicht mehr entzündet werden können. Waſſerſtoff verliſcht bei 8facher, Schwefel brennt noch fort bei 15facher und Phosphor bei 60facher Verdünnung der Luft, und Phosphorwaſſerſtoff blitzt noch in möglichſt verdünnter Luft. Merkwürdig iſt hier eine Erſcheinung, die beim Phosphor eintritt, der in comprimirtem Oxygen nicht leuchtet, wohl aber wenn es verdünnt wird, ſei es durch Ausdehnung oder durch Vermengung mit Stickgas. Der Grund liegt nicht etwa in einer ſchnell ſich bildenden und dann das Innere vor der Berührung mit dem Sauerſtoff ſchützenden Oxydkruſte von rothem Phosphor, denn er bleibt völlig hell und weiß, und die Abſorption des Sauerſtoffes findet nur ſehr langſam ſtatt. Eine intereſſante Thatſache bemerkte Graham. Er fand nämlich, daß ſchon geringe Mengen von gewiſſen Gaſen und Dämpfen hinreichend waren, um den Phosphor in atmoſphäriſcher Luft nicht leuchtend zu machen. So findet keine langſame Verbrennung des Phosphors Statt bei 66° F., wenn

1	Vol.	ölbildendes Gas	mit	450	Vol.	atmoſphäriſcher Luft
1	—	Schwefelätherdampf	—	150	—	— —
1	—	Naphta-Dampf	—	1820	—	— —
1	—	Terpentinöl-Dampf	—	4444	—	— —

gemiſcht iſt. — Bringt man einige feuchte Phosphorſtücke in eine mit einem Korkſtöpſel verſchloſſene Flaſche, und läßt, wenn ſie ſich mit weißen Dämpfen gefüllt hat, ein wenig Aetherdampf aus einer mit Aether gefüllten Flaſche einſtrömen, ſo verſchwinden während weniger Secunden alle Dämpfe und die Luft um den Phosphor iſt ganz hell. Wird die Flaſche verſtopft, ſo entſtehen nicht eher wieder Dämpfe, als bis der Aether in Eſſigſäure verwandelt iſt, wozu jedoch einige Tage nöthig ſind. Der Phosphor leuchtet auch im Finſtern nicht, ſobald die umgebende Luft mit Terpentinöl-Dampf oder mit dem Dampfe eines andern ätheriſchen Oeles geſchwängert iſt. Man lege ein Stück Phosphor in ein 2 Unzen Glas, worin es mit hellem Glanze im Dunkeln leuchtet; verſchließt man aber die Oeffnung mit einem Korkſtöpſel, der auf einem ätheriſches Oel enthaltenden Gaſe geſteckt hat, und nur eben noch einen merklichen Geruch nach dieſem Oel beſitzt, ſo fängt das Licht des Phosphors an zu erbleichen, und verſchwindet nach einigen Secunden ganz. Auch wird das Leuchten des Phosphors ausgelöſcht durch Hinzufügung von 4 Procent Chloringas oder 20 Procent Schwefelwaſſerſtoffgas bei 63° F.; der Dampf von ſtarkem Alkohol löſcht es bei 80° F. aus; Kampferdunſt und Dämpfe von Schwefel, Jod, Benzoëſäure, kohlenſaurem Ammoniak und Jodinkohlenſtoff bringen dieſe Wirkung (bei 67° F.) nicht hervor. — Die Oxydation des Phosphors wird ſelbſt in höherer Temperatur durch obige Gaſe noch verhindert. Er kann in mit einem gleichen Volumen ölbildenden Gaſes vermiſchter atmoſphäriſcher Luft ſo lange man will geſchmolzen, und ohne eine Veränderung zu erleiden bei 212° F. erhalten werden. Er fängt erſt ſchwach au zu leuchten, wenn gemiſcht

1	Vol.	atmoſph. Luft	mit	1	Vol.	ölbildendes Gas	bei	200° F.
3	—	—	—	2	—	Aetherdampf	—	215° F.
111	—	—	—	1	—	Naphta-Dampf	—	170° F.
166	—	—	—	1	—	Terpentinöl-Dampf	—	186° F.

Die Wirkung dieſer Gaſe wird aber modificirt durch den barometriſchen Druck, denn Phosphor leuchtet bei $\frac{1}{2}$ Zoll Queckſilberhöhe in einem Gemenge aus gleichem Vol. ölbildenden Gaſes und atmoſphäriſcher Luft, während er bei 29 Zoll nicht leuchtete, obwohl weniger als $\frac{1}{400}$ Theil ölbildenden Gaſes vorhanden war. — Es iſt ferner eine bekannte Erfahrung, daß Phosphor mit Harz oder Schwefel beſtreut, unter der Glocke der Luftpumpe beim ſchnellen Evacuiren an den beſtreuten Stellen ſtärker zu leuchten anfängt, bis er ſich endlich entzündet. Der Verſuch gelingt auch, wenn man den Phosphor bloß in Baumwolle einwickelt; es kann die Entzündung alſo nicht von einer Verbindung des Phosphors mit dem Schwefel oder dem Harze herrühren. Phosphor allein, ohne eingewickelt oder beſtreut zu ſein, kann durch bloßes Evacuiren nicht zur Entzündung gebracht werden. Einen genügenden Grund

für dieſe Erſcheinungen anzugeben, ſind wir bis jetzt noch nicht im Stande.

Daß aber bei der Verbrennung der Luft das Oxygen entzogen wird, läßt ſich leicht beweiſen. Denn nimmt man einen Kolben, wirft ein Stück gut abgetrockneten Phosphor hinein, ſchließt den Hals luftdicht durch eine übergeſpannte Blaſe, und läßt den Phosphor langſam verdampfen, oder entzündet ihn durch Erwärmung des Kolbens über einer Spirituslampe, ſo wird die übergeſpannte Blaſe allmälig concav erſcheinen müſſen, weil inwendig die Luft verdünnter iſt, als außen. Nach einiger Zeit wird der Phosphor verlöſchen, und man kann ihn fortwährend im geſchmolzenen Zuſtande erhalten, ohne daß er ſich entzündet; denn das in der atmoſphäriſchen Luft enthaltene Oxygen iſt verzehrt. Läßt man den Kolben abkühlen, und öffnet dann die Blaſe durch einen Stich, während der Hals des Kolbens unter Waſſer getaucht iſt, ſo wird das Waſſer im Kolbenhalſe ſteigen, und zwar ſo weit, bis ungefähr der fünfte Theil des ganzen Kolbeninhaltes mit Waſſer gefüllt iſt, weil der Sauerſtoff $\frac{1}{5}$ der atmoſphäriſchen Luft ausmacht. Auch darf man nur ein Stückchen Phosphor oder eine Spiritus- oder eine andere kleine Lampe auf eine Theetaſſe ſtellen, welche auf Waſſer ſchwimmt, und nach der Anzündung des brennbaren Stoffes eine Glasglocke überſtürzen, ſo daß der untere Rand ganz in Waſſer ſteht. Es wird nach der Verbrennung das Waſſer höher in der Glocke ſtehen, als beim Ueberdecken; es iſt alſo ein Theil Luft verzehrt, deren Raum die gebildete Phosphor- oder Kohlenſäure, oder das an den Wänden niedergeſchlagene Waſſer nicht wieder erſetzen kann.

Es iſt oben ſchon erwähnt, daß meiſtens zur Einleitung des Verbrennungsproceſſes der ganze Körper oder ein Theil deſſelben zu einer beſtimmten Temperatur erhitzt werden muß. Auf welche Weiſe die Erhitzung hervorgebracht wird, iſt völlig gleichgültig; nur muß ſie hinlänglich groß ſein. Iſt nur ein Theil erhitzt, ſo erzeugt die Verbrennung dieſes Theiles bei den verbrennlichen Körpern einen Hitzgrad, der hinlänglich iſt, um die nahe gelegenen Theile zu entflammen. Wird die erzeugte Wärme dem brennbaren Körper entzogen, ſo verliſcht er. Wirft man eine brennende Kohle auf kaltes Metall, ſo wird die Wärme durch dieſen guten Wärmeleiter ſchnell fortgeführt, und die Kohle hört auf zu brennen. Ja ein ganzer Haufen Kohlen erliſcht, wenn man die Kohlen auseinander ſtreut, indem die Luft die Wärme fortleitet. Auch brennen Flammen nicht durch ein Geflecht von Draht, wenn es hinlängliche Feinheit hat. Eine mit ſolchem Drahtgeflecht umgebene Laterne kann man in Stroh oder Heu ſtellen, ohne daß durch das brennende Licht dieſe Stoffe entzündet würden. Hierauf beruht auch Davy's Sicherheitslampe (ſ. d. Art.).

Wenn Platin, das kurz zuvor geglüht, beſonders in fein zertheiltem Zuſtande als Platinſchwamm, oder auch als Spirale von feinem Draht mit Waſſerſtoff und Sauerſtoff in Berührung kommt, ſo wird es glühend, und erhitzt ſich, wenn beide Gasarten reichlich vorhanden

ſind, bis zum Weißglühen, wodurch das Gasgemenge entzündet wird.*) Aber nicht bloß das Knallgas, ſondern auch Weingeiſtdämpfe, die viel Kohlenwaſſerſtoff enthalten, werden durch fein zertheiltes Platin entzündet. Hierauf beruht das ſogenannte Davyſche Glühlämpchen. Man windet eine Spirale, glüht ſie, und bringt ſie über oder um einen mit Weingeiſt getränkten Docht; die Platinſpirale glüht fort, ſo lange noch Weingeiſtdämpfe vorhanden ſind. Noch beſſer läßt ſie ſich darſtellen, wenn man Asbeſtfäden mit Platin überzieht, indem man ſie in Platinauflöſung taucht, und dann heftig ausglüht, und dieſe durch eine Glasröhre in ein kleines mit Weingeiſt gefülltes Gläschen ſteckt. Zündet man nun an, wobei der Asbeſt die Stelle des Dochtes vertritt, und bläſ't die Flamme wieder aus, ſo glüht der Asbeſtüberzug in Berührung mit den Weingeiſtdämpfen ununterbrochen fort. Nimmt man Platinſchwarz, von dem noch nicht genau bekannt, ob es reines feinzertheiltes Platin oder eine niedere Oxydationsſtufe dieſes Metalles iſt, und bringt es mit ein wenig Alkohol in Berührung, ſo brauſt es auf und entzündet ſich. Es iſt dieß daſſelbe Pulver, das feucht mit Alkohol übergoſſen, dieſen langſam in Eſſigſäure umwandelt, wobei der Alkohol oxydirt wird.

Die Körper können, da die Verbrennung nur eine Verbindung mit Sauerſtoff iſt, nur an der Oberfläche, ſo weit ſie mit der Luft in Berührung iſt, brennen. Um entſtandene Verbrennung zu dämpfen, iſt es daher nur nöthig, dem brennenden Körper den Zutritt der Luft zu entziehen, oder auch die zum Verbrennen nöthige Wärme (ſ. Art. Feuer). Aldinis Sicherheitspanzer gründet ſich auf dieſelbe Erſcheinung, wie Davys Sicherheitslampe; er beſteht aus einem aus Metalldraht geflochtenen Ueberkleide, unter dem ein mit Salz getränktes Wollenkleid ſich befindet.

Feſte und tropfbare Körper, die beim Verbrennen keine flüchtigen Producte bilden, glühen nur; entwickeln ſie aber Gasarten, ſo verbrennen ſie mit einer Flamme, und letztere iſt alſo nichts anders als das verbrennende leuchtende Gas. Bilden ſich aber beim Verbrennen feſter oder flüſſiger Körper zugleich flüchtige und nicht flüchtige Producte, ſo brennen ſie mit Gluth und mit Flamme. Iſt die Hitze nicht hinlänglich zum Verbrennen mit Flamme, ſo entweichen die gebildeten ausdehnſamen Körper als Rauch, der aus feinzertheilter Kohle, Waſſerdampf, auch wohl Oxyden beſteht. Rauch iſt alſo ſtets ein Zeichen unvollkommner Verbrennung. Es verſteht ſich aus dem Geſagten von ſelbſt, daß die Flamme auch nur an den äußerſten Theilen brennt, ſo weit ſie mit der atmoſphäriſchen Luft oder mit Oxygen in Berührung kommt. Man kann ſich auch leicht hiervon überzeugen, indem man bemerkt, daß der Docht einer Spirituslampe nicht verbrennt, ſondern unverändert, ſogar kalt bleibt, daß ein Stück Phosphor mitten in eine breite Flamme von Spiritus hineingehalten ſich nicht entzündet, was aber augenblicklich geſchieht, ſobald man mit dem Löthrohr Luft hinein=

---

*) Vergl. d. Art. Platina, Feuerzeug, Wärme.

bläſt, daß ein quer durch die Flamme gehaltener Platindraht an den Punkten, welche am Rande der Flamme liegen, am ſtärkſten glüht u. ſ. w. Auch kann man in dieſen inwendig hohlen Feuerkegel hineinſehen, wenn man ſeine Spitze durch ein Drahtnetz abſchneidet, wobei die Flamme als ein leuchtender Ring in der Mitte dunkel und gleichſam mit Rauch gefüllt erſcheint.

Die größten Verdienſte um die genaue Kenntniß der Flammen hat ſich Davy erworben. Wenn einfache Körper brennen, ſo iſt auch die von ihnen gebildete Flamme in allen ihren Theilen gleichartig; ſind die Körper aber zuſammengeſetzt, und entwickeln ſie verſchiedenartige Stoffe, ſo iſt die Stärke und Farbe des Lichtes natürlich verſchieden. Am einfachſten und deutlichſten ſind dieſe verſchiedenen Theile an der Flamme eines brennenden Talglichtes zu erkennen, weßhalb wir dieß als Beiſpiel durchführen wollen, weniger deutlich an einer Oelflamme. — Der untere Theil dieſer Flamme hb (Fig. 367.) iſt ſchön hellblau gefärbt u. wird gebildet aus dem bei der erſten Erhitzung ſich bildenden Kohlenoxyde und wenig Kohlenwaſſerſtoffgaſe. Ferner erblickt man im Innern, unmittelbar auf dem Dochte ruhend einen dunklen mit der Spitze nach oben gewandten Kegel cde, der umgeben iſt von einer ſehr ſtark leuchtenden Hülle afa, und um dieſe herum noch einen ſchwach leuchtenden Raum, den man erſt bei genauer Betrachtung der Flamme wahrnimmt hgh. Während afa der leuchtendſte Theil der Flamme iſt, erzeugt ſich in hgh die größte Hitze, wie man ſich leicht durch einen quer durch die Flamme gehaltenen Eiſendraht überzeugen kann, der in der äußerſten Hülle hgh ſchwillt und weiß glühet, während er im dunkeln Kegel kaum zum Glühen kommt. Bei a iſt die Hitze am ſtärkſten. Die ſtärkſte Hitze in der äußern Hülle iſt leicht zu erklären, denn die Verbrennung der durch die Erhitzung entſtandenen brennbaren Gasarten iſt hier am vollſtändigſten wegen der Berührung mit der atmoſphäriſchen Luft. Wenn man aber mittels des Löthrohres die Luft in die Flamme hinein bläſt, ſo wird ſich die Ordnung umkehren. Der blaue Theil der Flamme bildet hier einen Kegel mitten in der Flamme, und gleich vor der Spitze des Löthrohrs. An der Spitze dieſes blauen Kegels findet die vollſtändigſte Verbrennung ſtatt, und folglich erzeugt ſich auch hier die größte Hitze. Sie iſt aber nicht wie bei der ruhig brennenden Flamme eine Hülle um die ganze Flamme herum, ſondern concentrirt ſich in dem Punkte a an der Spitze der blauen Flamme (Fig. 368.). Nach der Spitze der Flamme hin nimmt die Hitze ab, aber noch ſchneller nach hinten zu, was ſich leicht durch das mehr oder minder ſtarke Glühen eines hineingehaltenen Drahtes zeigen läßt. Die Stelle a, wo die größte Hitze iſt, nennt man die innere Flamme, die Spitze der ganzen Flamme aber die äußere. Ihre Wirkung auf die verſchiedenen Stoffe ſ. Art. Löthrohr.

Merkwürdig iſt die Entdeckung Mac-Keevers, daß das Sonnenlicht den Verbrennungsproceß ſchwächt, obwohl man erwarten möchte, daß durch die höhere Temperatur das Schmelzen des Talges oder des Wachſes, und ſein Aufſteigen im Dochte begünſtigt werden müßte. Er nahm bei ſeinem erſten Verſuche zwei Wachskerzen, jede 10 Gran

ſchwer. Die eine ſetzte er in hellen Sonnenſchein, die andere in ein finſteres Zimmer. Die erſte verlor in 5 Minuten $8\frac{1}{2}$ Gr., die zweite $9\frac{1}{4}$ Gr. an Gewicht. Beim zweiten Verſuche wogen die Kerzen 23 Gr., und die im Sonnenſchein verlor in 7 Minuten 10 Gr., während die andere im finſtern Zimmer 11 Gr. leichter war. Beim dritten Verſuche theilte er ein gewöhnliches gegoſſenes Licht, das 14 Zoll lang und 3 Z. im Umfang war, genau in ganze, halbe und achtel Zolle, und ſetzte es in ſtarken Sonnenſchein bei ſehr ruhiger Luft. Es gebrauchte

in der Sonne	(wo die Temperatur 80° F.)	59′0″
im finſtern Zimmer	(— — 68° F.)	56′0″
im gewöhnl. Tageslicht	(— — 68° F.)	57′10″

zur Verbrennung eines Zolles. — Ein anderes Licht, 7 Zoll lang und $\frac{6}{8}$ Zoll im Umfang, ward auch genau in Zolle getheilt, und gebrauchte zur Verbrennung eines Zolles

im vollen Sonnenſchein	bei 79° F.	5′0″
im finſtern Zimmer	bei 67° F.	4′30″
im gewöhnl. Tageslichte	bei 67° F.	4′52″.

Ferner wurden in zwei Laternen, deren eine geſchwärzt war, zwei Stück Licht von genau gleichem Gewicht gebracht, und dann beide in den hellen Sonnenſchein geſtellt. Es verlor in 10 Minuten

das in der geſchwärzten Laterne $16\frac{1}{2}$ Gr.
— — ungeſchwärzten Laterne 15 Gr.

Es iſt folglich die gemeinhin angenommene Meinung, daß das Sonnenlicht die Verbrennung ſchwäche, ganz richtig, und nicht bloß daraus zu erklären, daß man vor dem Glanze des Sonnenlichtes den ſchwachen Schimmer des brennenden Lichtes nicht bemerken könne.

Viele Körper brennen mit einer eigenthümlich gefärbten Flamme, die bei Löthrohrverſuchen oft als Reagens für die verſchiedenen Stoffe dienen kann. So brennt Boraxſäure mit seladongrüner Farbe, wenn ein wenig davon in Weingeiſt aufgelöſt und dieſer angezündet wird. Beſonders gegen Ende zeigt ſich dieſe Färbung ſehr ſchön; auch wenn man mit einem Glasſtäbchen umrührt, und dieſes öfters heraushebt, ſieht man die grüne Flamme ſehr deutlich vor dem Verlöſchen des benetzten Endes. Auch Strontian zeigt auf dieſe Weiſe ſeine ſchöne carmoiſinrothe, ſo wie Natron ſeine gelbe Flammenfärbung.*) Man darf auch nur ein wenig auf die Meſſerſpitze nehmen, und in die Weingeiſtflamme halten, oder noch beſſer ein Stückchen des zu unterſuchenden Körpers in ein Platinzängelchen nehmen, und mit dem Löthrohr darauf blaſen, eine Art und Weiſe zu experimentiren, die bei ſchwachen Flammenfärbungen ſogar nothwendig iſt. Denn man bläſ't, je nachdem die Flamme von dem blauen oder gelben Lichte leichter zu unterſcheiden iſt, eine blaue oder gelbe Flamme, und taucht nur in dieſe den zu unterſuchenden Körper ein. Es brennen ferner Kaliſalze mit blaßvioletter, Kalk-

*) Die Flamme des Natrons gibt noch dazu gelbes homogenes Licht, während das Licht des Strontians bei einem nebenbei angeſtellten Verſuche ſich nicht homogen zeigte.

ſalze mit ziegelrother, Lithionſalze mit rother, Barytſalze mit blaßapfelgrüner Färbung. Iſt aber nur wenig Natron oder Lithion mit Kali gemengt, ſo erſcheint nur die Flamme des Natrons oder des Lithions. Auch die Farbe des Lithions wird durch anweſendes Natron verdeckt. Kupfer färbt die Flamme grün, und künſtliches ſowohl als natürlich vorkommendes Kupfer ſchön lilla. — Am beſten gelingen dieſe Verſuche mit ſalzſauren Salzen. Man muß aber bei vielen nicht erwarten, daß ſie fortwährend dieſe Färbung zeigen; es ſcheint nur auf den Moment beſchränkt, wo ſie das Waſſer fahren laſſen, und man iſt auch im Stande durch Eintauchen in Waſſer und neues Erhitzen die Flamme wieder hervor zu rufen. — Schwefel brennt in atmoſphäriſcher Luft mit bläulicher, im Sauerſtoffgaſe mit violetter, und im oxydirten Stickgaſe mit gelblichrother Flamme. Phosphor, Zink und Arſenik brennen weiß, worauf auch die Bereitung des indianiſchen Weißfeuers ſich gründet, das aus 2 Th. Salpeter, 7 Th. rothen Schwefelarſenik, und 24 Th. Salpeter beſteht. Man benutzt die verſchiedene Flammenfärbung auch bei Feuerwerken zur Erzeugung bunter Flammen, indem man etwas von den färbenden unbrennbaren Subſtanzen zwiſchen ein Gemiſch aus 80 Th. chlorſauren Kali und 20 Th. Schwefel mengt. Beim Glühen werden die feſten Körper mit in die Flamme geriſſen, und färben dieſelbe. Prechtl führt in ſeiner technologiſchen Encyklopädie folgende Beimengungen an: „Zum Erzeugen bunter Flammen dient als Grundlage der Chlorkaliſchwefel. Für jede verſchiedene Farbe werden auf 100 dieſes Gemenges 30 bis 50 Procent einer fein gepulverten unbrennbaren Subſtanz gegeben, die beim Glühen eine bunte Farbe zeigt, und ſo, in der Flamme mit aufgeriſſen, dieſe färbt. Dieſe unbrennbaren Subſtanzen ſind für roth: kohlenſaurer Strontian (30 Th. auf 100 Chlorkaliſchwefel); dunkelroſa: kohlenſaurer Kalk (gebrannte Auſternſchalen, Kreide, 40 Th.); hellroſa: Fluorcalcium (Flußſpath) (30 Th.); gelb: geglühtes kohlenſaures Natrum (50 Th.); dunkelblau: ſchwefelſaures Kupferoxydammoniak (30 Th.) mit ſchwefelſaurem Kali (30 Th.) gemengt; hellblau: ſchwefelſaures Kali (20 Th.); grün: kohlenſaurer Baryt (20 Th.); hellgrün: Boraxſäure (20 Th.); violett: ſchwefelſaures Kali und kohlenſaurer Kalk zu gleichen Theilen (zuſammen 40 Theile); orange: kohlenſaurer Kalk und kohlenſaures Natrum (im Verhältniß 1 : 3 gemengt, zuſammen 40 Th.). Will man bei den bunten Flammen eine langſamere Verbrennung, als dieſe Miſchungen geben, ſo menge man den Chlorkaliſchwefel mit 30 bis 50 Procent Salpeterſchwefel, ehe man die unbrennbare Subſtanz zugibt. Dieß iſt beſonders bei Theaterfeuern nöthig, die nicht direkt, ſondern bloß durch den Reflex wirken, und wo neben der Färbung der Flamme auch ein intenſives weißes Licht erzeugt werden muß, um das gelbe Lampenlicht zu überragen (todt zu machen). — Für die Theaterfeuer, zu den an Fallſchirmen ſchwebenden Raketenausſtößen u. ſ. w. ſind folgende Mengungen von überraſchender Wirkung: Hellroth: 50 Salpeterſchwefel, 50 Chlorkaliſchwefel, 20 Kreide, 10 Schießpulver. — Dunkelpurpur: 76 gut getrockneter ſalpeterſaurer Strontian, 24 Schwefel, 50 Chlorkaliſchwefel. — Blau: 50 Sal-

peterſchwefel, 50 Chlorkaliſchwefel, 40 Kupferoxyd-Ammoniak, 20 ſchwefelſaures Kali. — Grün: 80 gut getrockneter ſalpeterſaurer Baryt, 20 Schwefel, 35 Chlorkaliſchwefel. — Gelb: 50 Salpeterſchwefel, 50 Chlorkaliſchwefel, 40 geglühtes kohlenſaures Natrum. — Violett und Orange werden gemiſcht aus den Grundfarben. — Die Flamme von Weingeiſt*) wird (was wir hier auch gleich mit angeben wollen) gefärbt: roth durch Chlorſtrontium, orange durch Chlorkalcium; gelb durch kohlenſaures Natrum; grün durch Boraxſäure und Grünſpan; blau durch kohlenſaures Kali; violett durch ſalpeterſaures Kali. — Den Lunten, die zur Darſtellung von Dekorationen dienen ſollen, gibt man eine blaue Flamme durch Eintauchen in geſchmolzenen Schwefel, eine grüne, wenn man dem Schwefel Grünſpan, eine weiße, wenn man ihm Salpeterſchwefel, eine rothe, wenn man ihm ſalpeterſauren Strontian und etwas Schwefelantimon zuſetzt.''

Das mehr oder minder ſtarke Licht einer Flamme wird gewöhnlich daraus erklärt, daß ſich feſte Theile in der Flamme vorfinden, die weißglühend werden. So leuchtet die Flamme des Waſſerſtoffgaſes ſehr ſchwach, die Flamme des ölbildenden Gaſes ſehr ſtark, weil die ausgeſchiedenen feinen Kohlentheilchen in der Flamme weißglühend werden. Auf ähnliche Weiſe kann man die Flamme des Weingeiſtes verſtärken, wenn man den Docht mit Natronſalzen einreibt, oder nur 0,15 Terpentinöl dem Weingeiſt beimiſcht. Letzteres ſcheint auch zu geſchehen bei den Gaslampen, welche durch ihre eigene Hitze ſich das Gas erzeugen. Um eine Waſſerſtoffgasflamme heller leuchtend zu machen, darf man nur einen Platindraht eintauchen, der weißglühend wird. Das intenſivſte Licht erhält man aber von einem Kalkſtückchen, das in einer Weingeiſtflamme, die durch von allen Seiten zuſtrömendes Sauerſtoffgas angeblaſen wird, weiß glüht. S. d. Art. Licht. Nach Verſuchen von Döbereiner ſcheint auch jenes Hellleuchten der Flamme durch Compreſſion der Gasarten hervorgebracht zu werden. Denn Knallgas in einer 1 bis 2 Cubikzoll haltenden ſtarken Glaskugel, die inwendig recht trocken und luftdicht verſchloſſen war, gab bei der Verpuffung daſſelbe glänzende Licht, wie in Sauerſtoffgas verbrennender Phosphor. Wird das Knallgas nur mit dem Drucke von 2 Atmoſphären in dieſer Kugel comprimirt, ſo „verbrennt es bei dem Entzünden mit dem Glanze des Blitzes, ſo daß der Raum (des Laboratoriums), worin das Experiment gemacht wird, am hellen Tage wie von dem ſtärkſten Blitze erhellt, und bei Nacht wie vom Sonnenlichte beleuchtet wird, wobei Auſterſchalen, welche mit Schwefel gebrannt worden, zum glänzenden Phosphoreſciren (ſ. d. Art. Licht, Phosphoreſcenz) gebracht wer-

*) Die Flamme des Weingeiſtes wird durch dieſe Mittel nicht gleich anfangs beim Brennen, ſondern erſt nach einigen Minuten gefärbt; dieß kann ſehr überraſchende Wirkungen geben, da mehre Flammen neben einander geſtellt, erſt alle gleich (blau) brennen, und dann allmälig verſchiedene Farben annehmen. Will man gleich anfangs die bunte Farbe, ſo lege man Baumwolle in den Weingeiſt.

den können.“ Iſt die Kugel feucht, oder bleibt der Hahn während der Exploſion offen, ſo verbrennt das Knallgas nur mit ſchwachem Lichte. Döbereiner ſagt: „Wenn nun aber das lebhafte Leuchten der ſtarren Materie das Reſultat einer großen Anhäufung oder Verdichtung der Wärme iſt, ſo müſſen auch die gasförmigen Stoffe, welche bei der Verbrennung irgend einer Materie entſtehen, bis zum ſtark leuchtenden Glühen erhitzt werden, wenn die repulſive Thätigkeit der während des Verbrennens nöthigen Wärme möglichſt beſchränkt, und dieſe gleichſam comprimirt wird.“

Die Flamme unſerer Kerzenlichte und Lampen leuchtet deßhalb ſo ſtark, weil das darin enthaltene ölbildende Gas nur theilweiſe verbrennt bei der erſten Berührung mit der atmoſpäriſchen Luft, einen Antheil ſeines Kohlenſtoffs in der Flamme niederſchlägt, der in dieſer weiß glüht, bis er, an den Rand der Flamme gelangt, in Berührung mit der atmoſphäriſchen Luft verbrennt. Man kann ſich leicht davon überzeugen, denn ein in die Flamme hineingehaltener kalter Körper, z. B. eine Meſſerklinge, überzieht ſich mit niedergeſchlagenem Kohlenſtoff, dem ſogenannten Lampenruß.

Als Brennmaterial bedient man ſich im Kleinen gewöhnlich des Weingeiſtes, oder wenn man ſtärkeres Licht erhalten will, des Oels oder des ölbildenden Gaſes, im Großen dagegen der Kohlen, ſowohl Holz- als Steinkohlen, und letzterer, wenn man ſehr intenſive Hitze erhalten will, nachdem man ſie verkoakt hat. Man verſuchte ſchon öfter, Waſſer zu brennen, indem man es vorher auf eine leichte Weiſe in ſeine beiden Beſtandtheile zerſetzt, deren einer die Verbrennung ſehr begünſtigt, während der andere ſelbſt bei ſeiner Verbrennung ſehr ſtarke Hitze erzeugt. Es iſt bekannt, daß die Schmiede Waſſer ins Feuer ſpritzen, um die Hitze zu vermehren; jedoch iſt dieſes Verfahren im Großen wohl unausführbar. Rutter will durch folgende Einrichtung zum Ziele gelangt ſein. Er läßt nämlich Waſſer und Steinkohlentheer in eine durch Steinkohlen oder anderes Brennmaterial unterhaltene Flamme in einem dünnen Strom einfließen. Die Zuleitung geſchieht durch Röhren, die aus dem Theer- und Waſſergefäße ausgehen, ſich nahe vor der Verbrennungsſtelle vereinigen, und ſo Theer und Waſſer vereint, tropfenweis dem Feuer zuführen. Durch Hähne kann die Zuleitung beider Materialien regulirt werden. Iſt die Flamme matt und ſchwankend, ſo iſt zu viel Waſſer, ſieht ſie aber dunkel und rauchig aus, ſo iſt zu viel Theer zugelaſſen. *) Die gewöhnlichen Lampen ſind hinreichend bekannt; der Docht dient bei ihnen nur, die brennbare Subſtanz in die Höhe zu pumpen, und durch die Vertheilung die Zerſetzung zu begünſtigen. Um rauchende und rußende Flammen zu vermeiden, wendet Argand einen doppelten Luftzug an, ſ. d. Folg. Dieſen Luftſtrom verſtärkt er einfach durch einen aufgeſetzten Glascylinder. — Das zum

*) Mit Vortheil hat man bei Dampfmaſchinen den überflüſſigen Dampf in den Heitzraum geführt; der Dampf wird durch die Hitze zerſetzt, das Waſſerſtoffgas verbrennt und das Sauerſtoffgas befördert die Verbrennung.

Leuchten gebrauchte Gas wird gewöhnlich durch Deſtillation der Steinkohlen, des Theers oder ſchlechten Oeles, das zum Brennen für ſich nicht taugt, gewonnen. Das letztere gibt bei gleicher Menge des verbrannten Gaſes mehr Licht, weßhalb das nur etwas theurere Material wegen des geringern Verbrauchs und geringerer Anlagekoſten doch ſehr anwendbar iſt. Man läßt das Gas entweder aus einer einfachen Oeffnung ausſtrömen, wie Fig. 369. oder macht mehre Oeffnungen, Fig. 370. ſo daß die Flamme eine garbenförmige Form erhält, oder noch beſſer, wenn ſtarkes Licht erforderlich, man bringt die Einrichtung der Argand'ſchen Lampe an. Bei dieſer iſt die Flamme ringförmig, und außerhalb und innerhalb wird ſie von der Luft berührt. Man verbindet hiermit zugleich eine Einrichtung, um beide Luftzüge reguliren zu können, damit bei zu ſtarkem Luftzuge das Kohlenwaſſerſtoffgas nicht eher verbrennt, als die Ausſcheidung der Kohle erfolgen kann. Fig. 371. ſtellt eine ſolche Einrichtung dar, b iſt das Zugglas, c der Ring oder die Gallerie, worauf es ſteht. In dieſem befinden ſich Oeffnungen, durch welche die Luft zu dem äußern Umfange der Flamme gelangt. Es ſind dieß in der Figur die äußeren; die mittleren dienen zum Ausfluſſe des Gaſes, und die innerſten zum Durchlaſſen des Luftſtroms durch die innere Höhlung der Flamme. Eine dünne, hierauf liegende Scheibe d wird mit Löchern von derſelben Größe und derſelben Entfernung durchbohrt, und dient um den äußern Luftzug zu ſchwächen. Denn dreht man ſie etwas, ſo werden die Löcher in c zum Theil verdeckt. Soll der innere Luftzug gemindert werden, ſo geſchieht dieß durch die kleine Scheibe e, welche durch die Schraube f dem hohlen Cylinder, durch den das Gas ſtrömt, genähert werden kann.

So wie hier durch den aufgeſetzten Cylinder der Luftſtrom vermehrt wird, ſo geſchieht es bei Feuern durch die Höhe des Schornſteins. Man macht dieſen deßhalb hoch und leitet wohl auch den Gang, durch welchen die Luft dem Feuer zugeführt wird, in unterirdiſche Gewölbe hinab. Denn je höher die erhitzte Luftſäule iſt, deſto mehr wird zwiſchen ihr und der äußern Luft das Gleichgewicht aufgehoben, und mit deſto größerer Kraft dringt die kalte Luft ein. Doch dieſe Vorrichtungen allein genügen nicht bei Proceſſen, wo auf beſtimmten Punkten eine ſehr intenſive Hitze, wie bei den Schmelzproceſſen, erfordert wird. Man wendet bei dieſen ſogenannte Gebläſe an, d. h. Vorrichtungen, durch welche die atmoſphäriſche Luft aufgefangen, zuſammengedrückt und dann durch Leitungsröhren mittels einer engen Oeffnung, die Deupe oder Düſe genannt, dem Feuer zugeführt wird. Man beabſichtigt hierbei, die Hitze beſonders auf einen oder mehre Punkte zu concentriren, und macht deßhalb in den Schmelzraum eine oder mehre Oeffnungen, Formen genannt, durch welche die Luft zugeleitet wird. Man treibt entweder Luft von gewöhnlicher Temperatur hinein, oder da die Erfahrung gelehrt hat, daß bei Anwendung von erhitzter Luft Erſparung an Brennmaterial und ſchnelleres Schmelzen eintritt, ſo erhöht man künſtlich die Temperatur der hineingeblaſenen Luft.

Die Theorie aller Gebläſe iſt höchſt einfach; man kann ſie faſt alle als Luftpumpen anſehen, die zur Verdichtung eingerichtet ſind. Das

einfachſte Gebläſe iſt der gewöhnliche Blaſebalg, der mit zwei Ventilen verſehen iſt, einem an der Seite zum Einlaß der atmoſphäriſchen und einem zweiten zum Austritt der verdichteten Luft am Balgkopfe. Da dieſer Balg aber nur einen Luftſtrom bewirkt beim Zuſammendrücken, ſo entſteht ein unterbrochner Wind und Ungleichförmigkeiten hierin zu vermeiden iſt bei allen Schmelzproceſſen Hauptaugenmerk. Dieſes einfachen Balges wird man ſich alſo nicht bedienen, ſondern ſtatt deſſen einen doppelten oder dreifachen anwenden, ſo daß beim doppelten z. B. der eine Balg ſich wieder mit atmoſphäriſcher Luft füllt, während der andere die verdichtete ausſtößt. Doch auch hiedurch wird noch kein hinlänglich gleichförmiger Luftſtrom bewirkt, weil bei dem Uebergang der einen Bewegung in die andre eine kleine Pauſe eintritt. Man bringt deßhalb noch Regulatoren an, größere Räume, in denen die verdichtete Luft ſich anhäuft, und aus denen dann das zum Feuer führende Ableitungsrohr abgeht. So iſt Fig. 372. ein ſolcher doppelter Balg, in dem x und y die beiden Blaſebälge, z aber den Regulator vorſtellt. Während x durch die Röhre d und das Ventil b ſeine Luft in den Regulator z ſendet, der Scheider C ſich alſo nach D bewegt, füllt der Balg y ſich durch das Ventil m; bewegt ſich C gegen B zu, ſo entweicht die Luft durch das Ventil c aus dem Balge y in den Regulator z, und x füllt ſich durch das Ventil k mit Luft. Die Scheider C und A ſind beweglich, B und D aber feſt. Der Regulator allein ſteht mit der Düſe in Verbindung und treibt durch das Gewicht des Scheiders A, und vielleicht noch aufgelegter Gewichte die Luft mit einer gewiſſen Kraft durch dieſelbe.

Auch findet man eine andere Einrichtung eines Doppelbalges, wo der eine ſich in dem andern befindet. In einem gußeiſernen luftdichten Kaſten bewegt ſich nämlich ein Balg. Beide, ſowohl Kaſten als Balg, ſtehen mit dem Regulator ſowohl als mit der atmoſphäriſchen Luft durch Ventile in Verbindung. Durch die Zuſammendrückung des innern Blaſebalgs entſteht im Kaſten ein luftverdünnter Raum, und dieſer füllt ſich wieder von außen mit atmoſphäriſcher Luft, während der Balg ſeine verdichtete in den Regulator gibt. Beim Auseinandergehen des Balges wird nun die Luft im Kaſten comprimirt, entweicht in den Regulator und der Balg füllt ſich mit atmoſphäriſcher Luft. Die ganze Einrichtung weicht nur in der Stellung der Bälge von der vorigen ab, und Fig. 373. wird leicht für ſich deutlich ſein. B iſt der Blaſebalg, der in einem gußeiſernen Kaſten ſteht, R der Regulator. Da hier der durch eine Curbel bewegte Balg ſenkrecht ſteht, ſo gebraucht man nur wenig Kraft. Bei Hüttenproceſſen bedient man ſich jedoch dieſer ledernen Bälge nicht, ſondern wendet hölzerne Balggebläſe, Kaſten- oder Cylindergebläſe an, auch wohl andere auf hydroſtatiſche Geſetze ſich gründende Maſchinen.

Die hölzernen Bälge beſtehen aus zwei Theilen, dem Oberkaſten B, Fig. 374. und dem Unterkaſten A, letzterer iſt aber ſehr niedrig. Gewöhnlich iſt der Oberkaſten B der bewegliche, und dreht ſich um eine durch den Balgkopf geſteckte geſchmiedete gußeiſerne Walze d, das Schloß genannt, während der Unterkaſten A unmittelbar auf dem Balggerüſt A ruht. Die hintere Fläche des Oberkaſtens iſt gekrümmt, und Mit-

Leuchten gebrauchte Gas wird gewöhnlich durch Deſtillation der Steinkohlen, des Theers oder ſchlechten Oeles, das zum Brennen für ſich nicht taugt, gewonnen. Das letztere gibt bei gleicher Menge des verbrannten Gaſes mehr Licht, weßhalb das nur etwas theurere Material wegen des geringern Verbrauchs und geringerer Anlagekoſten doch ſehr anwendbar iſt. Man läßt das Gas entweder aus einer einfachen Oeffnung ausſtrömen, wie Fig. 369. oder macht mehre Oeffnungen, Fig. 370. ſo daß die Flamme eine garbenförmige Form erhält, oder noch beſſer, wenn ſtarkes Licht erforderlich, man bringt die Einrichtung der Argand'ſchen Lampe an. Bei dieſer iſt die Flamme ringförmig, und außerhalb und innerhalb wird ſie von der Luft berührt. Man verbindet hiermit zugleich eine Einrichtung, um beide Luftzüge reguliren zu können, damit bei zu ſtarkem Luftzuge das Kohlenwaſſerſtoffgas nicht eher verbrennt, als die Ausſcheidung der Kohle erfolgen kann. Fig. 371. ſtellt eine ſolche Einrichtung dar, b iſt das Zugglas, c der Ring oder die Gallerie, worauf es ſteht. In dieſem befinden ſich Oeffnungen, durch welche die Luft zu dem äußern Umfange der Flamme gelangt. Es ſind dieß in der Figur die äußeren; die mittleren dienen zum Ausfluſſe des Gaſes, und die innerſten zum Durchlaſſen des Luftſtroms durch die innere Höhlung der Flamme. Eine dünne, hierauf liegende Scheibe d wird mit Löchern von derſelben Größe und derſelben Entfernung durchbohrt, und dient um den äußern Luftzug zu ſchwächen. Denn dreht man ſie etwas, ſo werden die Löcher in c zum Theil verdeckt. Soll der innere Luftzug gemindert werden, ſo geſchieht dieß durch die kleine Scheibe e, welche durch die Schraube f dem hohlen Cylinder, durch den das Gas ſtrömt, genähert werden kann.

So wie hier durch den aufgeſetzten Cylinder der Luftſtrom vermehrt wird, ſo geſchieht es bei Feuern durch die Höhe des Schornſteins. Man macht dieſen deßhalb hoch und leitet wohl auch den Gang, durch welchen die Luft dem Feuer zugeführt wird, in unterirdiſche Gewölbe hinab. Denn je höher die erhitzte Luftſäule iſt, deſto mehr wird zwiſchen ihr und der äußern Luft das Gleichgewicht aufgehoben, und mit deſto größerer Kraft dringt die kalte Luft ein. Doch dieſe Vorrichtungen allein genügen nicht bei Proceſſen, wo auf beſtimmten Punkten eine ſehr intenſive Hitze, wie bei den Schmelzproceſſen, erfordert wird. Man wendet bei dieſen ſogenannte Gebläſe an, d. h. Vorrichtungen, durch welche die atmoſphäriſche Luft aufgefangen, zuſammengedrückt und dann durch Leitungsröhren mittels einer engen Oeffnung, die Deupe oder Düſe genannt, dem Feuer zugeführt wird. Man beabſichtigt hierbei, die Hitze beſonders auf einen oder mehre Punkte zu concentriren, und macht deßhalb in den Schmelzraum eine oder mehre Oeffnungen, Formen genannt, durch welche die Luft zugeleitet wird. Man treibt entweder Luft von gewöhnlicher Temperatur hinein, oder da die Erfahrung gelehrt hat, daß bei Anwendung von erhitzter Luft Erſparung an Brennmaterial und ſchnelleres Schmelzen eintritt, ſo erhöht man künſtlich die Temperatur der hineingeblaſenen Luft.

Die Theorie aller Gebläſe iſt höchſt einfach; man kann ſie faſt alle als Luftpumpen anſehen, die zur Verdichtung eingerichtet ſind. Das

einfachſte Gebläſe iſt der gewöhnliche Blaſebalg, der mit zwei Ventilen verſehen iſt, einem an der Seite zum Einlaß der atmoſphäriſchen und einem zweiten zum Austritt der verdichteten Luft am Balgkopfe. Da dieſer Balg aber nur einen Luftſtrom bewirkt beim Zuſammendrücken, ſo entſteht ein unterbrochner Wind und Ungleichförmigkeiten hierin zu vermeiden iſt bei allen Schmelzproceſſen Hauptaugenmerk. Dieſes einfachen Balges wird man ſich alſo nicht bedienen, ſondern ſtatt deſſen einen doppelten oder dreifachen anwenden, ſo daß beim doppelten z. B. der eine Balg ſich wieder mit atmoſphäriſcher Luft füllt, während der andere die verdichtete ausſtößt. Doch auch hiedurch wird noch kein hinlänglich gleichförmiger Luftſtrom bewirkt, weil bei dem Uebergang der einen Bewegung in die andre eine kleine Pauſe eintritt. Man bringt deßhalb noch Regulatoren an, größere Räume, in denen die verdichtete Luft ſich anhäuft, und aus denen dann das zum Feuer führende Ableitungsrohr abgeht. So iſt Fig. 372. ein ſolcher doppelter Balg, in dem x und y die beiden Blaſebälge, z aber den Regulator vorſtellt. Während x durch die Röhre d und das Ventil b ſeine Luft in den Regulator z ſendet, der Scheider C ſich alſo nach D bewegt, füllt der Balg y ſich durch das Ventil m; bewegt ſich C gegen B zu, ſo entweicht die Luft durch das Ventil c aus dem Balge y in den Regulator z, und x füllt ſich durch das Ventil k mit Luft. Die Scheider C und A ſind beweglich, B und D aber feſt. Der Regulator allein ſteht mit der Düſe in Verbindung und treibt durch das Gewicht des Scheiders A, und vielleicht noch aufgelegter Gewichte die Luft mit einer gewiſſen Kraft durch dieſelbe.

Auch findet man eine andere Einrichtung eines Doppelbalges, wo der eine ſich in dem andern befindet. In einem gußeiſernen luftdichten Kaſten bewegt ſich nämlich ein Balg. Beide, ſowohl Kaſten als Balg, ſtehen mit dem Regulator ſowohl als mit der atmoſphäriſchen Luft durch Ventile in Verbindung. Durch die Zuſammendrückung des innern Blaſebalgs entſteht im Kaſten ein luftverdünnter Raum, und dieſer füllt ſich wieder von außen mit atmoſphäriſcher Luft, während der Balg ſeine verdichtete in den Regulator gibt. Beim Auseinandergehen des Balges wird nun die Luft im Kaſten comprimirt, entweicht in den Regulator und der Balg füllt ſich mit atmoſphäriſcher Luft. Die ganze Einrichtung weicht nur in der Stellung der Bälge von der vorigen ab, und Fig. 373. wird leicht für ſich deutlich ſein. B iſt der Blaſebalg, der in einem gußeiſernen Kaſten ſteht, R der Regulator. Da hier der durch eine Curbel bewegte Balg ſenkrecht ſteht, ſo gebraucht man nur wenig Kraft. Bei Hüttenproceſſen bedient man ſich jedoch dieſer ledernen Bälge nicht, ſondern wendet hölzerne Balggebläſe, Kaſten- oder Cylindergebläſe an, auch wohl andere auf hydroſtatiſche Geſetze ſich gründende Maſchinen.

Die hölzernen Bälge beſtehen aus zwei Theilen, dem Oberkaſten B, Fig. 374. und dem Unterkaſten A, letzterer iſt aber ſehr niedrig. Gewöhnlich iſt der Oberkaſten B der bewegliche, und dreht ſich um eine durch den Balgkopf geſteckte geſchmiedete gußeiſerne Walze d, das Schloß genannt, während der Unterkaſten A unmittelbar auf dem Balggerüſt A ruht. Die hintere Fläche des Oberkaſtens iſt gekrümmt, und Mit-

telpunkt der Krümmung iſt der Drehungspunkt. Der Unterkaſten enthält das Einlaßventil a, und an der Seite Vorrichtungen zum beſſern Anſchließen an die Wände des Oberkaſtens. Es ſind nämlich an der Seite ſehr glatte Leiſten angebracht, die durch Haken gehalten, und durch Federn gegen den Oberkaſten angedrückt werden.

Eine andere Form von Gebläſen bilden die hölzernen Kaſtengebläſe, wovon ein Längenſchnitt in Fig. 375. abgebildet iſt. Die Hauptttheile ſind ein hölzerner, gewöhnlich viereckiger Kaſten, und ein in dieſem ſich auf und ab bewegender Kolben. A, A, A ſind die 3 Kaſten, in denen die Kolben D, D, D ſich bewegen, und die zur Verringerung der Reibung inwendig mit ſchwarzer Seife überzogen ſind. CCC ſind die Austrittventile für die comprimirte Luft, E, E, E, E.... die Einlaßventile für die atmoſphäriſche Luft. Erſtere öffnen ſich nach unten, und werden durch die Federn P, P, P angedrückt, letztere öffnen ſich auch nach unten, alſo in den Kaſten hinein, werden aber, wenn der Balg in Ruhe iſt, oder die aufwärtsgehende Bewegung in die niederſteigende übergeht, mittels eines an einem Hebelarme befindlichen Gegengewichtes geſchloſſen. Dieſes Gegengewicht übertrifft nur wenig das Gewicht des Ventils, es iſt nur ſo ſtark, daß es eben das Ventil noch hebt und ſchließt. Der Kolben beſteht aus 3 über einander liegenden Bohlen, deren mittlere aber kleiner iſt als die obere und untere, ſo daß zwiſchen dieſer und den Wänden des Kaſtens ein leerer Raum entſteht. In dieſem werden hölzerne Leiſten angebracht und mit Federn gegen den Kaſten gedrückt, ſo daß eine luftdichte Liederung entſteht. F, F, F ſind am Kolben befeſtigte glatte eiſerne Stangen, welche durch eine Oeffnung oberhalb gehend, den Kolben ſenkrecht halten, während er durch die gabelförmige Curbelſtange auf- und niederbewegt wird. F iſt das Ableitungsrohr nach dem Heerde hin, R ein Sicherheitsventil, um den Wind zu reguliren, und wenn derſelbe nicht durch F entweichen, das Gebläſe aber dennoch fortgehen ſoll, austreten zu laſſen. Es wird niedergedrückt durch das Gewicht S, durch deſſen Vor- und Rückwärtsſchieben auf dem Hebel man den Druck der Luft vermehren oder vermindern kann. Die Stellung der Kaſten iſt ſenkrecht oder horizontal; der ſenkrechten gibt man jedoch den Vorzug. Gewöhnlich bläſt der Kaſten nur bei einer Bewegung, und doppeltwirkende Kaſtengebläſe ſind ſelten, während von Cylindergebläſen Doppelbläſer, die ſowohl beim Auf- oder Niedergange des Kolbens Luft verdichten, die gebräuchlichſten ſind.

Als die beſten Gebläſe bewähren ſich, ſelbſt die Ausdauer abgerechnet, die eiſernen Cylindergebläſe, indem bei ihnen ein weit geringerer Windverluſt Statt findet, als bei den Kaſtengebläſen, bei welchen die Luft nicht allein zwiſchen den Leiſten und Wänden des Kaſtens, ſondern auch bei ſtarker Preſſung durch die Fugen und Faſern des Holzes entweicht. Man wählt deßhalb die Cylinderform, weil ſie ſich am leichteſten genau darſtellen läßt, und dem Kolben den beſten Anſchluß an die Wände erlaubt. In Fig. 376. iſt ein ſolches Cylindergebläſe abgebildet, wie es auf einer Kupferſchmelzhütte bei Eisleben ſich findet. A iſt der gußeiſerne Cylinder, B der Kolben, a die Kolbenſtange, welche durch eine koniſche Oeffnung des Kolbens geht, und in die-

ſem durch einen eiſernen Keil befeſtigt iſt. An dem Kolben ſind eiſerne Rippen angegoſſen, deren Zwiſchenraum b b zur Vermeidung des ſchädlichen Raums mit Holz ausgefüllt iſt. Zwiſchen den Rippen befindet ſich die Liederung; es liegt nämlich auf dem äußerſten Theile des Kolbenbodens jenſeit der Rippen c ein Lederring, auf dieſem ein Holzring, und auf dieſem wieder ein Lederring, die durch den eiſernen Ring d und durch Schraubenbolzen gegen die Bodenplatte feſt angedrückt werden. Die Lederkränze legen ſich auswendig um den Holzring, der in der Mitte ausgekehlt und mit Wolle gefüllt iſt, um das Leder immer feſt an die Wand des Cylinders anzudrücken. e iſt die oben auf dem Cylinder angegoſſene Stopfbüchſe. Der Zwiſchenraum zwiſchen ihr und der Kolbenſtange iſt durch Werg ausgefüllt, das mit Oel und Talg getränkt iſt, und durch die Drückung f zuſammengepreßt wird. Bei größern Cylindern legt man Hanfflechten um die Kolbenſtange, die durch meſſingne Büchſen zuſammengehalten werden. g und h ſind die beiden Ventile zum Einlaß für die atmoſphäriſche, i und k die Ventile für den Austritt der im Cylinder verdichteten Luft. Geht der Kolben aufwärts, ſo tritt durch h die atmoſphäriſche Luft ein, und die oberhalb des Kolbens verdichtete entweicht durch i: geht er herab, ſo tritt die atmoſphäriſche Luft durch g ein, und die unterhalb verdichtete entweicht durch k. Beide Ventile i und k treiben die Luft durch das Rohr 11 in den Raum m, deſſen Ableitungsrohr n iſt. Durch die Hülſen der Ventile entſteht ſtets ein ſchädlicher Raum, den man durch die Ventilkaſten, die an den Deckel und Boden des Cylinders luftdicht aufgeſchraubt werden, zu vermeiden geſucht hat. Auch hilft man ſich dadurch, daß man die Ventile dicht am Deckel und Boden anbringt, um wenigſtens den ſchädlichen Raum nicht zu groß zu machen.

Bei den Baaderſchen Gebläſen geſchieht die Liederung durch Waſſer. Es bewegt ſich in einem hölzernen oder eiſernen bis auf eine gewiſſe Höhe mit Waſſer gefüllten Kaſten oder Cylinder ein kleinerer, oben geſchloſſener Kaſten oder Cylinder auf und nieder. Ueber das Waſſer des untern Kaſtens ragen 2 Röhren hervor, deren eine mit einem Ventile verſehen zum Einlaß für die atmoſphäriſche Luft dient, während die andere das Fortleitungsrohr bildet, und mit der Düſe in Verbindung ſteht. Ihre Anwendung iſt jedoch wegen ihrer Mängel nicht häufig, obgleich ihre Anlage einfach iſt, und die zum Bewegen erforderliche Kraft gering.

Ein anderes Gebläſe iſt das Tonnengebläſe, beſtehend aus zwei hölzernen mit eiſernen Bänden umgebenen $5\frac{1}{2}$ Fuß weiten und 4 F. langen Tonnen, die horizontal liegen, und ſich um ihre in der Richtung der Axe liegenden Zapfen bewegen. Der innere Raum iſt durch einen Scheider, der durch die Axe der Tonne geht, in zwei noch nicht völlig getrennte Hälften getheilt, indem der Scheider am untern Ende noch 14 Zoll von der Peripherie des Faſſes entfernt iſt. Auf dem nach dem Feuer zu liegenden Boden der Tonnen ſind 2 Ventile für den Austritt der verdichteten Luft, in jedem Fache eines, und ebenſo in dem andern Boden zwei zum Einlaſſen der atmoſphäriſchen Luft. Es werden die Tonnen zur Hälfte mit Waſſer durch eine feſtverſchließbare Oeffnung

gefüllt, welches durch einen Hahn wieder abgelaſſen werden kann. Die beiden Auslaßventile einer Tonne ſind durch eine Röhre mit einander verbunden. Fig. 377., 378. und 379. Die Tonnen werden nur um den dritten Theil ihres Umfangs vor- und rückwärts bewegt. Bei der erſten Bewegung fließt das Waſſer unter dem Scheider hinweg nach der einen Seite, und drückt aus dieſer Abtheilung die Luft hinaus; in der andern entſteht ein luftverdünnter Raum, atmoſphäriſche Luft dringt ein, und beim Rückwärtsdrehen, wo das Waſſer in die zweite Abtheilung zurückfließen will, wird die Luft in dieſer verdichtet und ausgetrieben, während in der erſten Abtheilung der entſtandene luftverdünnte Raum ſich wieder mit atmoſphäriſcher Luft füllt.

Das Waſſertrommelgebläſe Fig. 380. beſteht aus einer ſenkrechten hölzernen Röhre, die oben ungefähr 8 Zoll weit und 20 Fuß hoch iſt. Oben in das erweiterte trichterförmige Ende ab ſtrömt das Waſſer ein. An dem engſten Punkte der Röhre finden ſich 4 ſchief gebohrte Oeffnungen o, o, durch welche die äußere Luft zum Waſſer tritt, um ſich damit zu mengen. Dieſes mit Luft gemengte Waſſer fällt dann auf das Brett oder den Stein d in der Trommel D, und die Luft trennt ſich durch den Stoß von dem Waſſer ab. Die Luft wird in die Höhe gedrückt und durch die Röhre cf zum Feuer geführt, während das Waſſer durch die Oeffnungen e, e, e abfließt. Es ſind die Waſſertrommelgebläſe einfache und geringen Aufwand erfordernde Gebläſe. Obwohl ihre Wirkung ſchwach iſt, ſo finden ſie ſich doch in den Alpen und Pyrenäen, wo hohe Waſſergefälle nicht ſelten ſind, noch ſehr häufig.

Mit gutem Erfolge iſt aber auf mehren hannöverſchen und heſſiſchen Hütten das, von Henſchel in Caſſel erfunden, Kettengebläſe in Anwendung gebracht. Fig. 381. ſtellt einen Längendurchſchnitt dar. Eine Kette ohne Ende geht über ein Leitrad S, und durch die Röhre K, in welche bei a durch einen Canal Waſſer geleitet wird. An der Kette befinden ſich in beſtimmter Entfernung Scheiben, die aus 2 Klappen beſtehen, und die beim Aufſteigen und ſchon beim Durchgange der Kette durch das im Gefäß ccfd befindliche Waſſer ſich zurückſchlagen, und ſo die Fortbewegung nicht aufhalten. Beim Herabgehen fallen ſie durch ihr eignes Gewicht auf geſchmiedete Stäbe und gehen ſcheibenförmig durch die Röhre K hindurch. Fig. 382. iſt die Grundanſicht eines Steges ohne Klappe, Fig. 383. die Seitenanſicht zweier Kolben. Soll nun das Gebläſe wirken, ſo wird in a das Aufſchlagewaſſer zugeleitet; die nächſte unter a befindliche Scheibe empfängt das Waſſer und wird niedergedrückt; das hierdurch in Bewegung geſetzte Leitrad führt die folgende an die Stelle der erſten, und ſo geht es fort. Auf dieſe Weiſe ſteigen Räume, die unten mit Waſſer, oben aber mit Luft angefüllt ſind, hinab in das Gefäß ghki, wo die Luft ſich anſammelt, und durch das Rohr nr ausgeleitet wird, während das Waſſer in den Behälter ccfd immer auf einem gewiſſen Niveau bleibt, und bei d abgeführt wird.

Ein anderes auch von Henſchel erfundenes Gebläſe iſt ebenfalls

von guter Wirkung, das ſogenannte Waſſerſäulengebläſe, deſſen nähere Erklärung jedoch zu weit führen würde.

Durch das einfache Gebläſe erlangt aber der Wind keinen gleichförmigen Ausfluß, ſondern es müſſen zu dieſem Zwecke Regulatoren mit demſelben verbunden werden. Die einen Regulatoren ſind große Kugeln von Eiſenblech, deren Rauminhalt den Inhalt des Gebläſecylinders einige zwanzig Mal und mehr übertrifft, ſo daß durch jeden Kolbenſtoß der Druck der Luft in der großen Kugel nur ſehr wenig ſich ändern kann. Bei andern iſt der Rauminhalt des Regulators veränderlich, und man hat Trocken- und Waſſerregulatoren. Die Trockenregulatoren beſtehen in einem glatten ausgebohrten Cylinder, deſſen Größe hinreichend iſt, wenn ſie den Gebläſecylinder um die Hälfte übertrifft. Durch den Boden deſſelben führen 2 Röhren, die eine aus dem Gebläſe kommend, die andere nach der Düſe führend. Als Deckel des Cylinders dient ein ſchwerer, gut anſchließender Kolben, der durch die Kolbenſtange ſenkrecht erhalten wird. Die ſich nach allen Seiten hin ausdehnende Luft wird theils aus der Düſe ſtrömen, theils den Kolben heben, deſſen Gewicht jedoch im Verhältniß zum Druck, den die Luft erleiden ſoll, genau beſtimmt werden muß. Wird der Druck der Luft zu ſtark in dem Regulator, ſo hebt ſich der Kolben, und durch die Vergrößerung des Raums läßt die Spannung nach; das Umgekehrte erfolgt, wenn der Druck zu ſchwach iſt.

Der Waſſerregulator beſteht aus einem luftdichten, nur auf der untern Seite offenen Gefäße, und taucht mit dem untern Theil ſeiner Wände in einen Waſſerkaſten O. Fig. 384. Das Waſſer hat bequemen Durchgang zwiſchen den Wänden des obern und untern Kaſtens, ſo daß beide Gefäße als zwei communicirende Röhren zu betrachten ſind. Wird nun der Druck auf der Waſſerfläche unter dem obern Gefäß größer, als der der atmoſphäriſchen Luft auf das äußere Waſſer, ſo muß das Waſſer außen ſteigen, uud übt ein Druck auf die innere Luft aus. Soll ſich die Größe des Unterſchiedes der Waſſerſtände, von dem der Druck abhängt, nicht ändern, ſo muß der Rauminhalt des Regulators groß genug ſein.

Um aber ſo viel als möglich einen gleichförmigen Wind ſich zu verſchaffen, muß man im Stande ſein, jeden Augenblick den Druck des Windes in den Röhren zu erfahren; und ſo durch Verſuche zu beſtimmen, welcher Druck erhalten werden muß, damit die Arbeit am beſten und ſchnellſten geht. Um ſich nun die Kenntniß des Druckes zu verſchaffen, bedient man ſich eines Windmeſſers oder Manometers, das eine ganz ähnliche Einrichtung hat, wie ein Barometer, indem die verdichtete Luft auf das eine Ende einer Queckſilber- oder Waſſerſäule, die atmoſphäriſche Luft aber auf das andere offene Ende derſelben in den beiden communicirenden Röhren drückt. Fig. 385. iſt für ſich deutlich, A iſt das Gefäß, worin die Glasröhre B luftdicht befeſtigt. Durch die Oeffnung a tritt die verdichtete Luft ein. Wollte man Waſſer ſtatt Queckſilbers anwenden, ſo muß die Säule höher ſein, und man bedient ſich dann der Einrichtung Fig. 386. Da das Waſſer aber ſchneller verdampft, ſo müſſen die mit Waſſer conſtruirten Manometer häufig

nachgeſehen und das fehlende Waſſer erſetzt werden, damit der Waſſerſtand im Gefäße ſtets derſelbe iſt. Am einfachſten iſt aber die Einrichtung Fig. 387. Man durchbohrt einen Kork, ſchiebt die gebogene Heberröhre ein, füllt dieſe mit Queckſilber oder Waſſer, und ſetzt ſie mit dem Gebläſe in Verbindung. Da die Geſchwindigkeit des Winds durch die Länge der Forleitungsröhren geſchwächt wird, ſo iſt es gut, dieſe Manometer ſo nahe als möglich an der Düſe anzubringen. Um nun die Menge Q der in einer Secunde ausſtrömenden Luft zu erhalten, braucht man nur die Geſchwindigkeit des Windes, mit der Größe der Düſenöffnung zu multipliciren, Q = av. Es iſt aber die Geſchwindigkeit v

$$v = 2\sqrt{gh\Delta \frac{P}{P+p}},$$

wo h die Höhe einer Waſſerſäule bedeutet, welche der Preſſung des Windes beim gewöhnlichen Druck der Atmoſphäre das Gleichgewicht hält, Δ das Verhältniß der Dichtigkeit von Waſſer und Luft, P das Gewicht, mit welchem die atmoſphäriſche Luft auf eine gewiſſe Fläche drückt, und p den Druck, den jene einer Waſſerſäule h das Gleichgewicht haltende verdichtete Luft ausübt; g iſt = 15,6 rheinl. F. Es muß aber obiger Ausdruck noch für den Barometerſtand von 28 Zoll, und den Thermometerſtand von 0° corrigirt werden. Auch darf man nicht die ganze berechnete Geſchwindigkeit nehmen, ſondern nach d'Aubuiſſon iſt der Geſchwindigkeitscoefficient, d. h. derjenige Bruch, mit welchem ſie noch multiplicirt werden muß, = 0,94 bei Anſatz einer koniſchen Röhre. Nach Schmidt iſt der Geſchwindigkeitscoefficient, wenn die Ausflußöffnung in einer dünnen Wand iſt = 0,52 und wächſt bei Anſatz einer cylindriſchen Röhre von etwa 1 Zoll Länge auf 0,6. Eine koniſche Röhre gibt die größte Geſchwindigkeit, und dieſe ſteigt am höchſten, wenn die äußeren Durchmeſſer ſich verhalten wie 1 : 2, und die Länge den Durchmeſſer 5 bis 10 Mal übertrifft. d'Aubuiſſon beſtimmte den Querſchnitt des zuſammengezogenen Luftſtrahls bei einer dünnen Wand = 0,65, bei einer cylindriſchen Röhre = 0,93, bei einer koniſchen = 0,95 von dem Querſchnitt der Oeffnung. Es findet offenbar eine Zuſammenziehung ſtatt, wie beim Waſſer. (Vergl. d. Art. Springbrunnen S. 270 f.)

Die Erfahrung hat durch viele Verſuche deutlich bewieſen, daß man durch Gebläſe mit erhitzter Luft, bedeutend an Brennmaterial ſpart und auch den Schmelzproceß fördert. Die Apparate, welche dazu dienen, die Luft zu erhitzen, ſind einfach, indem die verdichtete Luft durch lange Röhren geleitet wird, die entweder durch beſondere Feuer, oder gleich durch die Gichtflamme erhitzt werden. In der Nähe der Düſen ſind Oeffnungen angebracht, durch welche man ſich von dem Hitzgrade der Gebläſeluft überzeugen kann, indem man Stäbchen von Blei und Zinn, oder von Legirungen aus beiden, deren Schmelzpunkt man genau kennt, eintaucht. Die erſten Verſuche wurden auf der Clyde Hütte in Schottland, in der Nähe bei Glasgow, 1829 gemacht. Die Luft wird auf 257° R. erhitzt, ſo daß ein hineingehaltenes Bleiſtäbchen augenblicklich abſchmilzt. Hier haben ſich folgende Vortheile herausgeſtellt: Sonſt ge-

brauchte man zur Erzeugung einer Tonne Roheiſen, 7 Tonnen 15 C. Steinkohlen, jetzt 2 Tonnen 19 C., wovon 11 C. auf die Feuerung der Gebläſemaſchine und 8 C. zur Feuerung des Apparats, um die Luft zu erhitzen, abgehen. Auch iſt ein geringerer Zuſchlag nöthig, indem bei der größeren Hitze die Maſſen leichter in Fluß kommen, die tägliche Produktion iſt von 6 Tonnen auf 9 Tonnen geſtiegen, und das Roheiſen iſt beſſer als ſonſt. — Auf der Kalderhütte nahe bei Glasgow, braucht man jetzt zu einer Tonne Roheiſen nur noch $2\frac{1}{2}$ Tonnen rohe Steinkohlen, und $5\frac{1}{2}$ C. Zuſchlag, deſſen man ſonſt 13 C. bedurfte, und gewinnt täglich $8\frac{1}{3}$ Tonne Roheiſen, während man früher nur $5\frac{2}{3}$ Tonnen producirte. Im Sommer 1833 wurden in England und Schottland auf 21 Hüttenwerken 67 Hochöfen mit erhitzter Luft betrieben. Bei dem Betrieb auf Cupolöfen in London mit erhitzter Luft ſpart man gut ein Drittheil Coaks, und das Schmelzen geht noch einmal ſo raſch, ſo daß in einer Stunde eine Tonne Roheiſen umgeſchmolzen werden kann, wodurch der Abgang von letzterem auch geringer wird. — Zu Waſſeralfingen in Würtemberg, erhitzt man bis auf 165 — 210° R., und während man bei kalter Luft zu 100 Pfund Roheiſen 174 Pf. Holzkohlen brauchte, und wöchentlich 530 C. Roheiſen erzeugte, ſo iſt durch Anwendung von auf 210° erhitzter Gebläſeluft der Kohlenverbrauch bis auf 113 Pf. auf 100 Pf. Roheiſen gefallen, und die wöchentliche Produktion auf 740 C. geſtiegen. In Malapane in Oberſchleſien trägt der Holzkohlenhochofen mit heißer Luft angeblaſen $\frac{1}{5}$ mehr Eiſenerz. Zu Rübelande im Braunſchweigſchen betreibt man einen Holzkohlen-Cupolofen mit erhitzter Luft, und während man ſonſt auf 12 Pf. Kohlen höchſtens 30 Pf. Roheiſen ſetzte, ſo ſetzt man jetzt auf dieſelbe Menge Kohlen 60 — 70 Pf. Roheiſen, wobei das umgeſchmolzene Roheiſen noch ſehr grau iſt. Der Eiſenabgang beträgt dabei im Ganzen 5 — 6 Procent.

Verdunſtung bezeichnet diejenige Dampfbildung, (daher man eigentlich **Verdampfung** ſagen ſollte), welche an der Oberfläche von Flüſſigkeiten und feſten Körpern bei einer Temperatur geſchieht, die unter dem Siedpunkte oder Schmelzpunkte jener Körper liegt; vorzüglich aber die Dampfbildung, welche überall auf der Erde vor ſich geht, wo Waſſeranſammlungen in größerer oder geringerer Menge vorhanden und in Berührung mit der atmoſphäriſchen Luft ſind. (Vergl. d. Art. **Quellen** und **Dampf**.) Der hierbei erzeugte Dampf erhebt ſich in die atmoſphäriſche Luft und macht ſo lange einen unſichtbaren Gemengtheil derſelben aus, als kein Grund vorhanden iſt, daß er ſich wieder in tropfbare Flüſſigkeit verwandelt. So wie ſolche Gründe aber vorhanden ſind, verwandelt ſich der unſichtbare Dampf in größere oder kleinere Tropfen, die bei niedriger Temperatur auch wohl zu Eis erſtarren, wird ſichtbar und fällt endlich auf die Erdoberfläche. Jeder ſolcher wäſſrige Niederfall wird ein **Niederſchlag** genannt, und es iſt von den einzelnen Niederſchlägen oder **Hydrometeoren** (**Nebel**, **Wolken**, **Thau**, **Reif**, **Regen**, **Hagel**, **Schnee**) in beſondern Artikeln gehandelt. Die Gegenwart des Waſſerdampfes in der Luft wird mit-

tels eigener Inſtrumente der **Hygrometer** (ſ. d. Art.) nachgewieſen. Die Größe der Verdunſtung hängt bei im Ueberfluß vorhandener Waſſermenge von der Größe der Oberfläche dieſer Waſſermenge, von der Beſchaffenheit der Atmoſphäre, namentlich von der Temperatur, von dem Luftzuge und von dem Grade ab, in welchem die Luft bereits durch Waſſerdämpfe erfüllt iſt. Um nun zu wiſſen, wie groß die Quantität der Verdunſtung entweder unter gewiſſen Bedingungen, oder auch wohl durchſchnittlich in gewiſſen Zeitabſchnitten ſei, bedient man ſich der **Verdunſtungsmeſſer, Atmometer** (v. d. griech. ἀτμός Dampf) **Atmidometer**, oder **Evaporometer** (v. d. lat. vapor, Dunſt). Das ſich zunächſt darbietende Verfahren iſt, daß man ein offenes Gefäß der Luft ausſetzt und den nach einer gewiſſen Zeit erlittenen Gewichtsverluſt beſtimmt, welcher von der Verdunſtung herrührt. So z. B. ſetzt man $\frac{1}{2}$ bis 1 Quad. F. Fläche darbietendes bleiernes Gefäß von 3 Z. Tiefe auf eine Wagſchale, und bringt durch Gewichte auf der andern Wagſchale die Wage ins Gleichgewicht. So wie nun das Waſſer verdunſtet, erhält die Schale mit den Gewichten das Uebergewicht und die Größe deſſelben beobachtet man an der Zunge des Wagebalkens, welche vor einem eingetheilten Kreisbogen ſpielt. Bei derartigen Verſuchen nimmt man im Allgemeinen an, daß die Größe der Verdunſtung mit der Oberfläche im Verhältniß ſtehe, d. h. wenn eine gewiſſe Quantität Waſſer = q von 1 Quadr. F. Waſſerfläche verdunſtet, von einer Fläche von 100 Quadr. F. eine Quantität Waſſer = 100 q verdunſte. So richtig dieſer Satz im Allgemeinen iſt, ſo findet er doch gerade auf kleinere Gefäße keine Anwendung; hier nämlich iſt die Größe der Seitenflächen, welche der Luft ausgeſetzt ſind, ſo wie die Nähe des Bodens an der verdunſtenden Fläche (d. h. die Tiefe des Gefäßes) von unbeſtreitbarem Einfluſſe. Daher iſt der Atmometer überhaupt ein ſehr unzuverläſſiges Inſtrument und kann höchſtens nur zu vergleichenden Beſtimmungen über das Verhältniß der Verdunſtung unter verſchiedenen atmoſphäriſchen Bedingungen dienen; niemals aber wird man einen Schluß aus der Verdunſtung des Atmometers auf die einer großen Waſſeranſammlung, oder gar des feuchten Erdbodens machen können. Aber auch die atmoſphäriſchen Bedingungen ſind ſo unzähligen Modificationen und einem ſteten Wechſel ausgeſetzt, daß es höchſt ſchwierig iſt, ſie alle, welche Einflüſſe auf die Verdunſtung haben, in jedem einzelnen Falle zu beſtimmen. Um die Menge des von ſtets feuchter Erde verdunſtenden Waſſers zu beſtimmen, ſchlägt **Bellani** Fig. 388. ein heberförmiges Gefäß vor, deſſen einer hinlänglich weiter Schenkel mit einem Deckel von wenig gebrannter und unglaſirter, ebendaher aber poröſer, und ſomit durch das aufſteigende Waſſer ſtets feuchter, Erde verſchloſſen iſt. Zweckmäßiger würde es nach **Muncke** ſein, mit Rückſicht auf die verſchiedenen Erdarten, ihre Kraft, die Feuchtigkeiten feſtzuhalten und die dieſer umgekehrt proportionale Größe der Verdunſtung vermittelſt eines einfachen Apparates zu meſſen. Dieſer dürfte nur aus einem blechernen Gefäße M, unten mit der einmal gebogenen Röhre bc Fig. 389. verſehen, und einem andern B, mit der zu unterſuchenden Erdart gefüllten, von bekannter Oberfläche beſtehen, welches letztere am zweck=

mäßigſten in die Erde gegraben werden müßte, um den Einfluß der Sonnenſtrahlen auf die Seitenwände zu vermeiden. Im Gefäß B iſt ein Raum durch eine mit feinen Löchern verſehene Platte ſo abgeſondert, daß das Rohr c höher und tiefer hineingeſenkt werden kann. Wird dann die Oeffnung der Röhre c mit dem Finger verſchloſſen, das Gefäß M durch die obere Oeffnung mit Waſſer gefüllt und mit der Schraube a luftdicht verſchloſſen, dann die Röhre c in den ihr beſtimmten Raum im Gefäße B ſchnell hineingeſenkt, ſo wird das Waſſer vermöge des Luftdruckes bis zu einer durch die Tiefe, bis zu welcher die Oeffnung der Röhre c herabgedrückt wird, beſtimmbaren Höhe ſteigen, und hiernach die Erde von unten auf mehr oder weniger feucht werden. Die Stärke der Verdunſtung ließe ſich dann entweder nach dem Gewichte oder dem Maße beſtimmen. Nach gleichen Grundſätzen, als welche Bellani befolgt hat, iſt das von Leslie vorgeſchlagene Atmometer conſtruirt. Dieſes beſteht aus einem leicht gebrannten, poröſen, das Waſſer durchlaſſenden thönernen Gefäße A Fig. 390. In daſſelbe wird die Glasröhre dc eingeſenkt, welche calibrirt und ſo eingetheilt iſt, daß ein Ueberzug der Kugel von Waſſer 0,001 Zoll betragend, einem Grade derſelben entſpricht. Oben iſt die Röhre mit der Faſſung a verſehen, welche mit der Schraube b feſt verſchloſſen werden kann. So wie alſo das Waſſer im Gefäße A an die Oberfläche dringt, dort verdunſtet, und daher ſinkt, wird eine Luftblaſe in der Röhre cd aufſteigen und das Waſſer nachſinken, wodurch man die Quantität des verdunſteten meſſen kann. Iſt die Röhre gefüllt, zugeſchraubt und in das mit Waſſer gefüllte Gefäß geſenkt, ſo wiſcht man letzteres außen ab, und hängt das Ganze im Freien auf, verhütet aber das Herabträufeln des Waſſers von der Kugel, welches bei ſchwacher Verdunſtung wohl Statt finden könnte. Iſt dann die Oberfläche der ſtets feuchten Kugel bekannt, und die Quantität des in gegebener Zeit verdunſteten Waſſers gleichfalls, ſo hat man die Stärke der Verdunſtung, welche nicht geändert wird, die Oberfläche mag glänzend vom Waſſer oder anſcheinend trocken ſein. Der Vorzug eines nach Bellani's Angabe conſtruirten Inſtrumentes beſteht indeß darin, daß daſſelbe eine größere und leichtere, wie auch mit mehr Genauigkeit zu berechnende Oberfläche hat, auch bei ihm kein Abtröpfeln Statt findet. *) Sauſſure hat

*) Mehr ein Hygrometer als ein Atmometer iſt das von Anderſon angegebene Inſtrument. An eine, etwa eine Linie weite Glasröhre wird die Kugel A. Fig. 391. und an das krummgebogene Ende derſelben die andere B geblaſen, letztere mit Weingeiſt gefüllt, dieſer einige Zeit im Sieden erhalten, und wenn dadurch der Apparat luftleer geworden iſt, das in eine Spitze ausgezogene Ende der Röhre bei c zugeblaſen, dann der Apparat an die Scale d e befeſtigt, die Kugel A mit feinem leinenen oder baumwollenen Zeuge umgeben, und dieſes aus einem nebenſtehenden Gefäße mit Waſſer vermittelſt eines Streifens Zeug oder Papier ſtets feucht erhalten. Indem das Waſſer der feuchten Hülle, welche die Kugel A umgibt, verdunſtet, wird Kälte erzeugt, der Weingeiſt aus der Kugel B durch Verdunſtung in die

ein Atmometer angegeben, um mittels deſſelben die austrocknende Kraft der Atmoſphäre zu beſtimmen, welche auf Verdunſtung beruht. Er wählte hierzu ein Rechteck von feiner Leinwand 13 und 10 Z. Seite haltend, ſpannte dieſes in einen leichten Rahmen ſo, daß es denſelben nirgend berührte, befeuchtete die Leinwand, und wog ſie auf einer feinen Wage, ſo daß ſie gerade eine Gewichtszunahme von 150 Gran erhielt. Wenn der Apparat dieſe Gewichtszunahme erhalten hatte, ſo hing er 6 Z. weit von demſelben, der Mitte der Leinwand gegenüber, ein empfindliches Thermometer, beobachtete dann von 20 zu 20 Min. den Gewichtsverluſt, bis dieſer 60 bis 65 Gr. betrug, indem der Reſt zu ſtark feſtgehalten, und die Verdunſtung dadurch unregelmäßig wurde.

Im Allgemeinen verdunſten die Flüſſigkeiten nicht allein bei der ihnen entſprechenden Siedhitze, ſondern weit unter derſelben. Es geben ſogar einige feſte Körper als Eis, Kampfer, Jod u. a. Dämpfe oder Dünſte bei einer Temperatur, bei welcher ſie noch nicht einmal in tropfbar flüſſigen Zuſtand übergehen. Dieſe Dämpfe haben jedoch nicht, wie dieſes bei der Dampfbildung ſiedender Flüſſigkeiten der Fall iſt, gleich bei ihrer Entſtehung die größte Spannkraft (vergl. Dämpfe). Auch geräht die Maſſe der ſo verdunſtenden Körper nicht in Bewegung, ſondern die Dämpfe bilden ſich nur an der Oberfläche. Indeß verdunſten die Flüſſigkeiten nicht, wie man eine Zeitlang annahm, bei jeder Temperatur, ſondern es gibt, wie Faraday nachgewieſen für jede Flüſſigkeit eine gewiſſe Temperatur, unter welcher keine Verdunſtung mehr Statt findet; und eine Menge Körper (namentlich die meiſten Metalle und die Erden) gibt es, welche unter gewöhnlichen Umſtänden durchaus fix ſind, d. h. durchaus keinen Dampf bilden. Die Temperatur, unter welcher keine Verdunſtung mehr Statt findet, nennt Faraday die Verdampfungsgrenze. Bei einigen Körpern (den ſtets dampfenden) liegt dieſe Grenze ſo tief, daß ſie durch keine künſtliche oder natürlich vorkommende Erkältung erreicht wird; bei anderen Körpern dagegen liegt dieſe Grenze innerhalb der in unſerer Gewalt ſtehenden Temperaturen. So iſt das Queckſilber bei Temperatur oberhalb — 0°,88 R. flüchtig, unterhalb — 5°,33 R. aber fix, und concentrirte Schwefelſäure iſt bei den gewöhnlichen Temperaturen der Luft fix. Die Temperatur der Verdampfungsgrenze iſt diejenige, bei welcher die entſtehenden Dämpfe eine Spannkraft haben, die mit ihrer Schwere und mit der Anziehung gleichartiger Theile unter einander im Gleichgewichte ſteht. Sobald die Temperatur unter dieſe Grenze hinabgeſunken iſt, werden die Theile einer Flüſſigkeit oder eines feſten Körpers ſtärker nach abwärts oder zu den gleichartigen

---

Kugel A geführt, und ſinkt von hier in die Röhre c herab, ſo daß man aus der Höhe, bis zu welcher er darin ſteht, auf die Trockenheit der Luft und die Stärke der Verdunſtung ſchließen kann. Iſt nämlich die Luft völlig mit Waſſerdampf geſättigt, ſo findet gar keine Verdunſtung Statt, und die Röhre bleibt leer.

Theilen derſelben Maſſe hinabgezogen, als ſie durch das Beſtreben expanſibel flüſſig zu werden (ſich in Dampfform zu erheben), aufwärts getrieben werden. Faraday ſagt ferner: Es iſt in Laboratorien bekannt, daß die Verdampfung eines Körpers ſo kräftig unterſtützt werden kann, daß dadurch gewiſſe Deſtillationen möglich ſind, welche ſonſt ganz fehlſchlagen würden. Mehre ätheriſche Oele, welche, wenn man ſie für ſich deſtilliren wollte, eine ſehr hohe, zerſetzend auf ſie wirkende Temperatur erfordern würden, laſſen ſich, mit Waſſer gemengt, bei viel niederer Temperatur und unverändert überdeſtilliren. — Man hat die Annahme gemacht, daß der Waſſerdampf, entweder durch eine Verwandtſchaft zum Dampf des ätheriſchen Oels, oder auf irgend eine andere Weiſe, die Verdampfungskraft des Oels bei der angewandten Temperatur erhöhe, und es dadurch fähig mache überzudeſtilliren. Allein es unterliegt keinem Zweifel, daß, wenn Luft oder eine andere elaſtiſche Subſtanz in gleicher Menge und in gleicher Weiſe, wie der Waſſerdampf, mit dem bis 212° erhitzten Oele in Berührung käme, ſie nach wohl bekannten Geſetzen den Dampf des ätheriſchen Oels, vielleicht in eben ſo großer Menge, fortführen und übertreiben würde. Nur die Leichtigkeit, mit welcher der Waſſerdampf, als überführendes Agens angewandt, ſich verdichtet, geſtattet auch jedem Theilchen des Oelsdampfs ſich zu verdichten, wogegen der bleibend elaſtiſche Zuſtand der Luft eine größere Portion des Oels in Dampfgeſtalt erhält, und daher die Ausbeute der Deſtillation verringert. Faraday ſtellte noch beſondere Verſuche an, um zu ermitteln, ob Subſtanzen, die nach ſeiner eben angegebenen Theorie und nach den hohen Temperaturen, bei denen ſie merklich verdampfen, als fix bei gewöhnlichen Temperaturen anzuſehen ſind, wohl einen merklichen Grad von Flüchtigkeit erhalten würden, wenn man ſie bei gewöhnlicher Temperatur mit Waſſer oder Dampf in Berührung ſetzte. Faraday reinigte daher mehre mit Stöpſeln verſehene Flaſchen ſorgfältig, und ſchmolz einige Röhren an einem Ende zu, welche als kleinere Gefäße in die Flaſchen geſtellt werden ſollten. Dann brachte er gewiſſe Subſtanzen in die Röhren, und Auflöſungen von andern in die Flaſchen. Die Röhren wurden auf ſolche Weiſe geſtellt, daß nur auf dem Wege der Verdunſtung von einer Subſtanz etwas zu der andern gelangen konnte. (Wahrſcheinlich, indem der offene Theil der Röhre etwas über das Niveau der Flüſſigkeit in der Flaſche hervorragte). Die Flaſchen wurden darauf verſtöpſelt, ſorgfältig überbunden, und in einen dunklen Schrank geſtellt, wo ſie beinah 4 Jahre ruhig ſtehen blieben. Das Reſultat dieſer Verſuche war, daß ſalpeterſaures Ammoniak, Queckſilberchlorid, Oxalſäure und vielleicht oxalſaures Ammoniak zu denjenigen Subſtanzen gehören, die in gewöhnlichen Temperaturen Dampf entwickeln, daß aber bei den übrigen in Beobachtung gezogenen Subſtanzen kein Uebergang ſtattgefunden hatte, obgleich das Waſſer allerdings zum Theil in Dampfform übergangen war. Es iſt demnach, ſagt Faraday, kein Grund da, zu glauben, daß Waſſer oder ſein Dampf denjenigen Subſtanzen Flüchtigkeit ſelbſt im ſchwächſten Grade ertheile, welche für ſich ihre Verdampfungsgrenze oberhalb der gewöhnlichen Tem-

peraturen liegen haben, und eben ſo wenig kann alſo in der Natur vorkommende Verdampfung Wirkungen der Art in der Atmoſphäre erzeugen. *)

Den Einfluß, welchen bei der Verdampfung des Waſſers im Freien die Luft ausübt, erklärte man ſich früher ſo, daß man annahm, es finde eine chemiſche Auflöſung des Waſſers in der Luft ſtatt. Hiergegen ſprach zwar der Umſtand, daß auch im luftleeren Raume das Waſſer bei jeder Temperatur verdunſtet, wo doch an eine chemiſche Auflöſung nicht zu denken war, man glaubte jedoch, daß auf eine analoge Weiſe in der Luft die Verdunſtung nicht ſtattfinden könne, weil hier der Druck der Atmoſphäre eine freie Entwicklung verhindere, dieſe könne nur beim Sieden eintreten, d. h. wenn der Dampf ſich mit einer Spannkraft, größer als die der Luft, entwickele. Am meiſten ſprach aber gegen die Anſicht einer chemiſchen Auflöſung des Waſſers in der Luft der Umſtand, auf den zuerſt Sauſſure aufmerkſam machte (in Bezug auf Waſſerſtoffgas und Kohlenſäure), und den Clement und Desormes nachher beſtätigt fanden (in Bezug auf Sauerſtoffgas, Waſſerſtoffgas, Stickgas, kohlenſaures Gas) **), daß nämlich alle Gasarten genau dieſelbe Menge Dampf unter ähnlichen Umſtänden enthalten, wie atmoſphäriſche Luft. Wäre nämlich das Waſſer mit jedem dieſer Gaſe ſelbſt in Gasform chemiſch gebunden, ſo würde es ſich in verſchiedenen Verhältniſſen mit ihnen verbunden haben. Die Lehre von der Verdunſtung fand zuerſt vollſtändige Erklärung durch Dalton. Derſelbe ſtellte eine große Anzahl lehrreicher Verſuche an. Zunächſt beobachtete er die Schnelligkeit der Dampfbildung ſiedenden Waſſers. Er fand hierbei, daß durch Umſtände dieſelbe vergrößert oder vermindert werde. Je ſtärker der Luftzug war, deſto größere Quantitäten wurden nämlich in 1 Min. in Dampf umgewandelt. Bei den zahlreichen Verſuchen, die Delton über die Verdunſtung des Waſſers unter 80° R. anſtellte, zeigte es ſich, daß die Mengen des in verſchiedenen Temperaturen verdunſteten Waſſers der Expanſivkraft der Waſſerdämpfe in dieſen Temperaturen (ſ. d. Art. Dampf) genau proportional ſind.

Da ſich der Dampf in der Luft nicht mit derſelben Schnelligkeit wie im luftleeren Raume entwickelt, ſo ſcheint es, als ſetze die Atmoſphäre der Zerſtreuung des Dampfes ein Hinderniß entgegen, welches durch die Expanſivkraft der Dämpfe überwunden würde. Dieſes Hinderniß kann

*) Man hat nämlich die Entſtehung der Meteorſteine (ſ. d. Art.) daraus zu erklären geſucht, (weil in ihnen keine Stoffe auftreten, die nicht auch auf der Erde gefunden werden), daß man annahm, die Subſtanzen, aus welchen ſie beſtehen, hätten ſich in Dampfform von der Erde erhoben. Da dieſe Subſtanzen ſolche ſind, welche bei gewöhnlicher Temperatur nicht verdampfen, ſo hätte man die Hypotheſe dadurch unterſtützen können, daß man meinte, ſie wären vom Waſſerdampf mit emporgeführt oder von ihm zur Verdampfung beſtimmt worden.

**) Sie ſättigten nämlich die verſchiedenen Gaſe und eben ſo auch atmoſphäriſche Luft mit Waſſerdampf, und leiteten ſie hierauf über geglühten Chlorkalk, welcher das Waſſer begierig anzieht. Hierbei erhielten ſie bei allen Gaſen gleiche Quantitäten Waſſer.

nicht der Druck der Atmoſphäre ſein, denn in dieſem Falle könnte ſich unter 80° R. überhaupt gar kein Waſſerdampf bilden. Dalton ſucht daſſelbe daher aus dem Beharrungsvermögen der Lufttheilchen zu erklären, ſo daß der aufſteigende Dampf in den Lufttheilchen in ganz ähnlicher Weiſe aufgehalten werde, wie z. B. Kieſelſteine zwiſchen ihnen hinfließendes Waſſer aufhalten. Dalton erinnert, daß wenn die angegebene Theorie der Verdunſtung durch Verſuche in niederen Temperaturen unterſucht werden ſolle, man nicht vergeſſen dürfe, dabei auf die Kraft der zur Zeit des Verſuches ſchon in der Atmoſphäre vorhandenen Dämpfe zu ſehen. Stellt man z. B. den Verſuch mit Waſſer in der Temperatur von 59° F. an, in welcher die Expanſivkraft des Waſſerdampfs $\frac{1}{60}$ von der des Waſſerdampfs in der Siedehitze iſt, ſo darf man nicht erwarten, auch in einer Minute $\frac{1}{60}$ ſo viel Waſſer als bei der Siedhitze verdunſten zu ſehen. Träfe es ſich, wie es manchmal im Sommer der Fall iſt, daß ſchon eine wäſſrige Atmoſphäre von derſelben Expanſivkraft vorhanden wäre, ſo würde vielmehr gar keine Verdunſtung erfolgen. Wäre dagegen die wäſſrige Atmoſphäre von geringerer, etwa von $\frac{1}{2}$ ſo großer Kraft, welche der Expanſivkraft des Waſſerdampfs bei 39° F. entſpricht, ſo würde die wirkliche Kraft der Verdunſtung nur $\frac{1}{120}$ von der Kraft der Verdunſtung des kochenden Waſſers betragen. Ueberhaupt iſt die Kraft der Verdunſtung immer gleich der Expanſivkraft des Waſſerdampfes von der jedesmaligen Temperatur, weniger der Expanſivkraft des ſchon in der Atmoſphäre vorhandenen Waſſerdampfes.

„Um die Größe der Verdunſtung in den Temperaturen, welche in der Atmoſphäre Statt finden, zu beobachten, ſagt Dalton, bediente ich mich zweier leichter Gefäße aus Zinn, deren eins 6, das andere 8 Zoll im Durchmeſſer hatte, und jenes $\frac{1}{2}$, dieſes $\frac{3}{4}$ Zoll tief war. Eins dieſer Gefäße (meiſt nahm ich das 6 Zoll weite) wurde an eine Wage aufgehangen, dann Waſſer hineingegoſſen, und das Ganze bis auf einen Gran genau abgewogen. Darauf ſetzte ich es 10 oder 15 Minuten lang in ein offenes Fenſter, oder an einen andern freien Platz, und wog es wieder, um den Verluſt zu beſtimmen, den es durch Verdunſtung erlitten hatte. Zugleich wurde die Temperatur des Waſſers beobachtet, die Expanſivkraft der wäſſrigen Atmoſphäre ausgemittelt, und die Stärke des Luftzugs bemerkt. Ich habe ſo eine große Menge von Verſuchen, unter ſehr verſchiedenen Umſtänden, theils im Winter, theils im Sommer, bei ſchwacher wie bei ſtarker Kraft der Verdunſtung angeſtellt, und es zeigte ſich, daß ihre Reſultate mit der Theorie völlig übereinſtimmen. Immer verdunſtet bei gleicher Kraft der Verdunſtung dieſelbe Menge von Waſſer, von welcher Temperatur auch die Luft war, ſo genau, als ſich dieß nur beobachten läßt; nur daß ein ſtarker Wind, bei unveränderter Kraft der Verdunſtung, den Effect, wie er in ſtiller Luft ſein würde, verdoppelt. Correſpondirt ſo z. B. die Expanſivkraft der wäſſrigen Atmoſphäre in einem Falle mit 40°, in einem andern mit 60° F. und die Temperatur der Atmoſphäre iſt im erſten Falle 60°, im zweiten 72°, ſo iſt in beiden die Verdunſtung dieſelbe, und aus einem cylindriſchen Gefäße von 6 Zoll Durchmeſſer verdunſtet in beiden Fällen bei ruhiger Luft ungefähr 0,9 Gran, bei einem

heftigen Winde gegen 1,8 Gran Waſſer in jeder Minute, und die zwiſchen beiden liegenden Mengen hängen lediglich von der Stärke des Windes ab.“

Da bei der Dampfbildung ſtets Wärme abſorbirt wird (ſ. d. Art. Dampf), ſo muß auch jede Verdunſtung von einer Abkühlung begleitet werden, indem bei der Verdunſtung dieſe Wärme nicht wie beim Sieden aus einer eigenen Wärmequelle zufließt, ſondern dieſe Wärme der nächſten Umgebung entzogen werden muß. Es iſt dieſes durch tägliche Erfahrung bekannt. Die Empfindung von Kälte, wenn man naß geworden, oder geſchwitzt hat, die Abkühlung der Luft durch einen Regen, das Kühlerhalten von Zimmern durch Sprengen mit Waſſer, das Frieren bei feuchter Witterung, beſonders bei feuchten Winden erklären ſich hieraus. Je ſchneller eine Flüſſigkeit verdunſtet, deſto ſtärker iſt die Temperaturerniedrigung. Hierher gehörige Beiſpiele ſind angegeben in d. Art. Alcaraza und Luftpumpe; auch beruhen die Hygrometer (ſ. d. Art.) von Daniell, Körner und Leslie auf dieſem Principe. Senkt man die Kugel eines Thermometers in feuchten Schwamm und ſetzt dieſen dann der Sonne aus, ſo erniedrigt ſich in Folge der Verdunſtung der Stand des Thermometers in der Sonne. Ein Inſtrument, die Kälteerzeugung durch Verdunſtung auf ſehr intereſſante Art zur Anſchauung zu bringen, iſt der von Wollaſton angegebene ſogenannte Kryophor. Um ihn zu verfertigen, nimmt man eine Glasröhre von willkührlicher Länge, z. B. von der Länge der Barometerröhren, bläſt an jedem Ende derſelben ein Kugel, die ungefähr den 4fachen Durchmeſſer der Röhre hat (etwa 1 Zoll), zieht die eine in einer Spitze aus, füllt die andere mit Waſſer beinahe voll und bringt dieſes ins Kochen. Haben die Waſſerdämpfe die Luft herausgetrieben, ſo ſchmilzt man die Spitze der obern Kugel vor dem Löthrohre zu. Die eine Kugel bleibt dann etwa noch zur Hälfte mit Waſſer gefüllt, und der Apparat iſt faſt luftleer. Man biegt die Röhre dicht vor jeder Kugel in einen rechten Winkel. Taucht man dann die leere Kugel in eine Mengung von Salz und Schnee, ſo gefriert das Waſſer der andern Kugel in wenigen Minuten, obgleich es von der Froſtmiſchung entfernt iſt; denn dadurch, daß die aus dieſer Kugel entwickelten Dämpfe in der andern erkalten, ſich ſofort wieder verdichten, und daß die Röhre ſelbſt luftleer iſt, wird die Verdunſtung aus erſterer ſo beſchleunigt, daß das Gefrieren erfolgt. Uebrigens läßt ſich dieſe Erſcheinung auch ohne Froſtmiſchung bewirken, wenn man die leere Kugel mit Leinwand überzieht, dieſe mit Aether befeuchtet, und dann die Luft um ſie, wenn auch nur mäßig, verdünnt. In dieſem Fall bewirkt die durch Verdunſtung des Aethers erzeugte Kälte die Condenſirung der Dämpfe.

Um den Dampfgehalt der Atmoſphäre in verſchiedenen Zeiten und unter verſchiedenen Umſtänden zu prüfen, bedient man ſich der verſchiedenen Hygrometer. Bei den Beobachtungen des Hygrometers verlangt man zwei Dinge zu wiſſen, nämlich die wirkliche Dampfmenge, d. h. entweder das Gewicht oder die Spannung des in einem Kubikfuß enthaltenen Waſſerdampfes, Kämtz, (den wir im Folgenden zum Führer nehmen, nach deſſen Meteorologie), nennt dieſes den abſoluten Feuch-

tigkeitszuſtand der Atmoſphäre; ſodann kann aber auch unterſucht werden, wieviel Dampf die Atmoſpäre noch aufnehmen kann, wenn ſie bei der vorhandenen Temperatur geſättigt werden ſoll; Kämtz nennt dies den relativen Feuchtigkeitszuſtand. Vergl. d. Art. Hygrometer. Nach Sauſſures Bemerkung iſt die Luft im Allgemeinen einige Zeit nach Sonnenaufgang am feuchteſten und nun rückt das Hygrometer nach und nach gegen den Punkt der größten Trockenheit, bis es dieſem, etwa eine Stunde, nachdem die größte Tageswärme eingetreten war, am nächſten liegt, worauf der Hygrometer ſich wieder bis zum folgenden Morgen zurück bewegt. Kämtz erinnert, daß wir hier nur den relativen Feuchtigkeitszuſtand der Atmoſphäre haben; behielte jedoch die Atmoſphäre auch dieſelbe Dampfmenge während des Tages, ſo müßte das Hygrometer nach und nach größere Trockenheit der Atmoſphäre zeigen. Iſt zugleich der Stand des Thermometers aufgezeichnet, ſo läßt ſich der Dampfgehalt der Atmoſphäre leicht berechnen. Seit längerer Zeit iſt zu Genf der Stand ſowohl des Hygrometers als des Thermometers aufgezeichnet worden, und Kämtz hat aus 5jährigen Beobachtungen von 1819 bis 1823 die Mittel für die einzelnen Monate berechnet.

Monat.	Thermometer C.		Haarhygrometer		Dampfgehalt		
	Aufgang.	2 Uhr.	Aufgang.	2 Uhr.	Aufgang.	2 Uhr.	Mittel.
Jan.	— 1°,1	2°,5	92°,4	84°,6	1''',58	1''',67	1''',62
Febr.	0,0	5,6	91,6	74,8	1,71	1,67	1,69
März	2,3	9,5	89,3	70,2	1,86	1,85	1,86
April	5,8	14,8	91,9	65,7	2,47	2,31	2,39
Mai	9,2	19,0	91,8	66,8	3,14	3,03	3,08
Jun.	10,7	20,7	91,7	69,9	3,43	3,54	3,48
Jul.	13,3	21,4	93,3	69,1	4,43	3,78	4,08
Auguſt	12,7	22,4	95,0	69,4	4,24	4,06	4,15
Sept.	10,3	18,9	94,9	72,1	3,61	3,52	3,56
Octbr.	6,8	12,7	93,1	78,5	2,76	2,82	2,79
Novbr.	3,2	7,5	94,6	77,5	2,15	1,95	2,05
Decbr.	0,8	4,1	90,7	82,8	1,77	1,75	1,76

Durchgängig ſteigt hier das Hygrometer vom Aufgange der Sonne bis zu 2 Uhr; aber während der Stand am Morgen im Laufe des ganzen Jahres einen Unterſchied von wenigen Graden zeigt, ändert ſich der Stand um 2 Uhr bei weitem mehr; im Sommer befindet ſich das Hygrometer um 2 Uhr dem Punkte der größten Trockenheit weit näher als im Winter, dann aber iſt auch der Unterſchied zwiſchen den Temperaturen zu beiden Tageszeiten größer.

Aus der Berechnung des Dampfgehaltes*) ergibt ſich, daß der

*) Dieſe Berechnung kann mit Benutzung der Tabelle im Art. Hygrometer S. 159. und der Tabelle im Art. Dampf S. 447. geſchehen. Hat

Druck der Dampfatmoſphäre zu beiden Tageszeiten ziemlich gleich, im Mittel des Jahres beim Aufgange der Sonne 2''',76, um 2 Uhr A. 2''',66 iſt. Die meiſten Monate geben ebenſo am Abende eine geringere Dampfmenge als am Morgen. Aehnliche Reſultate geben auch Berechnungen und Beobachtungen von Dove und Bouvard. Der Grund der Abnahme in dem Drucke der Dampfatmoſphäre während des Tages iſt nach Sauſſure folgender. Indem die Atmoſphäre während der Nacht erkaltet, kommt ſie dem Zuſtande der Sättigung immer näher, und es bilden ſich immer Niederſchläge in den niedern Regionen, welche wir unter der Geſtalt von Thau und Nebeln wahrnehmen; dadurch entſteht am Boden ein dampfleerer Raum und die Dämpfe ſinken aus den oberen Schichten herab. Am Morgen verdunſtet dieſes Waſſer, der Druck der Dampfatmoſphäre am Boden nimmt zu, und daher tritt das Maximum der Feuchtigkeit erſt einige Zeit nach der größten Tageswärme ein. So wie die Wärme größer wird, führen aufſteigende Luftſtröme die Dämpfe nach oben, und daher nimmt der Dampf am Boden ab, obgleich durch die ununterbrochene Verdunſtung ſtets neue Dämpfe entwickelt werden. — Iſt dieſe Hypotheſe richtig, ſo müſſen die Aenderungen des Hygrometers ſelbſt unter Vorausſetzung gleicher Wärmeänderungen in der Höhe geringer ſein; die abſolute Dampfmenge iſt am Tage größer als am Morgen und in der Nacht. Sauſſure folgerte dieſes bereits aus Erfahrungen, welche er in mäßigen Höhen gemacht hatte, und in der Folge fand er dieſes durch Meſſungen auf dem Montblanc beſtätigt, indem hier das Hygrometer am Morgen weiter vom Punkte der Feuchtigkeit entfernt war, als am Tage; eben dieſer Meinung ſind auch de Luc und Dove beigetreten. Die Beobachtungen in dem Kloſter auf dem St. Bernhard zeigen auf das entſchiedenſte dieſe geringere Bewegung des Hygrometers und die Zunahme im Drucke des Dampfes während des Tages. Beobachtungen, welche gleichzeitig mit dem oben erwähnten in Genf angeſtellt wurden, gaben folgende Reſultat:

Monat.	Thermometer C.		Hygrometer		Druck des Dampfes		
	Aufgang.	2 Uhr.	Aufgang.	2 Uhr.	Aufgang.	2 Uhr.	Mittel.
Jän.	—11°,6	—6°.4	84°,	79°,9	0''',69	0''',79	0''',74
Febr.	9,2	4,7	85,5	76,0	0,75	0,81	9,78
März	8,1	2,5	87,3	76,8	0,87	0,98	0,93
April	4,6	1,5	88,2	78,5	1,11	1,31	1,21
Mai	0,8	5,7	87,1	78,9	1,43	1,80	1,61
Jun.	1,3	7,3	85,8	80,0	1,63	1,96	1,80

---

man nun z. B. beobachtet, daß das Haarhygrometer 76° bei einer Temperatur = 20° C. zeigte; ſo ſieht man aus Taf. S. 159. daß dieſem Stande des Hygrometers eine Spannung = 55,25 entſpricht; wenn die im Zu-

Monat.	Thermometer		Hygrometer		Druck des Dampfes.		
	Aufgang.	2 Uhr.	Aufgang.	2 Uhr.	Aufgang.	2 Uhr.	Mittel.
Jul.	— 3°,3	— 8°,5	85°,3	80°,8	1''',80	2''',26	2''',03
Auguſt	5,2	10,1	86,0	81,2	2,07	2,56	2,32
Sept.	2,2	6,7	86,4	81,0	1,72	2,02	1,87
Octbr.	2,1	1,2	84,6	81,7	1,22	1,44	1,33
Novbr.	5,0	1,4	86,3	84,1	1,06	1,22	1,14
Decbr.	5,9	4,4	87,9	86,7	0,91	1,01	0,96

Das Hygrometer befolgt hier einen ganz andern Gang als in Genf; es zeigt in allen Monaten beim Aufgange der Sonne eine größere Trockenheit, am Abende dagegen meiſtens eine größere Feuchtigkeit als in Genf. Freilich ſind die Oscillationen des Thermometers auch geringer, daß aber dieſe nicht allein Urſache dieſes abweichenden Ganges ſind, das zeigen die daneben ſtehenden Größen, welche den Druck des Dampfes angeben, indem dieſe in allen Monaten am Abende größer ſind als am Morgen, indem zu jener Zeit die Wärme der Sonne ſtärker, der aufſteigende Strom alſo lebhafter iſt.

Kämtz hat um den Gang der Feuchtigkeit während des Jahres zu überſehen, Beobachtungen von Paris, Genf, London und vom St. Bernhard verglichen und iſt zu folgendem Reſultate gekommen. Die Dampfmenge, welche in der Atmoſphäre vorhanden iſt, ſteigt in demſelben Verhältniſſe, in welchem die Temperatur größer wird; beide ſind im Januar am kleinſten, im Julius am größten. Suchen wir die Tage auf, an denen die Extreme Statt finden, ſo erhalten wir

	Minimum.	Maximum.
London	14. Januar	3. Auguſt
Paris	28. Januar	12. Auguſt
Genf	16. Januar	27. Julius
St. Bernhard	21. Januar	28. Julius.

Nehmen wir das Mittel dieſer vier Beſtimmungen, ſo tritt das Minimum am 20. Januar, das Maximum am 25. Julius ein, beide

ſtande der Sättigung = 100 angenommen wird. Bei jener Temperatur entſpricht aber die Dichtigkeit des Dampfes einer Queckſilberſäule = 0,575 Par. Zoll (nach Taf. S. 447. im Art. Dampf). Mithin erhält man den Dampfgehalt $x = \frac{0,575 \,.\, 55,25}{100} = 0,32$ Zoll = 3''',84 (durch eine Queckſilberſäule ausgedrückt, der er das Gleichgewicht hält) für den gegenwärtigen Fall, durch die Proportion 0,575 : 100 = x : 55,25.

alſo einige Tage ſpäter als die Temperaturextreme. — Völlig verſchieden dagegen iſt der Gang der relativen Feuchtigkeit. Wenn die Wärme nach der Mitte des Januars zu ſteigen anfängt, dann verdunſtet zwar ſogleich eine größere Menge von Waſſer, aber da ſich die Dämpfe nur langſam durch die Atmoſphäre verbreiten, ſo nimmt die Dampfmenge nicht ſo ſchnell zu, als man nach der Aenderung der Temperatur erwarten ſollte, die Atmoſphäre wird relativ trockner. Es zeigt ſich dieſer Umſtand beſonders im April und Mai, wo die Wärme am geſchwindeſten ſteigt. Wenn ſich ſpäterhin das Thermometer weniger ändert, dann nimmt die Dampfmenge etwas ſchneller zu, als die Wärme, und die Luft kommt dem Zuſtande der Sättigung näher; dieſes wird deſto auffallender, je mehr die Temperatur im Herbſte ſinkt, indem das in der Atmoſphäre aufgelöſte Waſſer zum Theil niedergeſchlagen wird. Suchen wir die Tage auf, an denen die Extreme Statt finden, ſo erhalten wir

	Minimum.	Maximum.
London	31. Mai	12. December
Paris	26. Mai	20. December
Genf	1. Mai	25. December.

Auf dem St. Bernhard ändert ſich die relative Feuchtigkeit ſo wenig, daß man faſt glauben möchte, ſie ſei das ganze Jahr hindurch conſtant. — Es iſt wahrſcheinlich, daß die relative ſowohl als die abſolute Feuchtigkeit immer mehr abnimmt, je weiter wir uns von den Küſten ins Innere der Continente begeben, aber bis jetzt fehlt es uns durchaus an Beobachtungen, um das Quantitave dieſer Aenderung zu beſtimmen. Da das Waſſer im Innern der Continente bei derſelben Temperatur weit ſchneller verdunſtet, als in der Nähe der Küſten, ſo geht hieraus ſchon die größere Trockenheit jener Gegenden hervor; iſt in Ungarn während eines Tages kein Regen gefallen, ſo iſt die ganze Atmoſphäre mit Staub gefüllt, und der Schweiß hat ſich auf der Oberfläche des Körpers kaum gebildet, ſo iſt er auch bereits verſchwunden.

Die Elaſticität des Dampfes iſt an jedem Orte vielen Schwankungen unterworfen. Namentlich die Winde ſind in dieſer Beziehung von großem Einfluß. Nach Beobachtungen von Daniell iſt im Allgemeinen der Dampfgehalt bei den warmen Südwinden viel größer als bei den kalten Nordwinden. Dove hat den Dampfgehalt der Atmoſphäre aus den Beobachtungen von Daniell hergeleitet und für die einzelnen Winde (nach den Himmelsgegenden) folgende Drucke der Dampfatmoſphäre gefunden:

	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Winter	2‴,43	2‴,18	2‴,18	3‴,04	3‴,56	3‴,62	3‴,24	2‴,72
Frühling	3,22	3,14	4,10	4,33	4,49	4,15	3,88	3,35
Sommer	4,74	4,59	5,49	6,10	6,74	6,13	5,48	4,96
Herbſt	3,29	3,78	3,81	4,87	4,90	5,17	4,46	3,84
Jahr	3,56	3,42	3,76	4,66	4,91	4,71	4,27	3,76

Aehnliche Unterſuchungen hat auch Kämtz angeſtellt, und im Allgemeinen hat derſelbe gefunden, daß das Minimum (der geringſte Druck) des Druckes im Durchſchnitt bei NO., das Maximum (der höchſte Druck) etwas weſtlich von S. fällt. Beide Extreme bewegen ſich im Laufe des Jahres um dieſe Richtung; das Maximum liegt während des Sommers bedeutend öſtlich von Süden. Die Abhängigkeit des Dampfgehaltes von der Richtung des Windes iſt ſo groß, daß man meiſtens auf eine Aenderung der Windrichtung rechnen darf, wenn ſich der Thaupunkt am Schwefelätherhygrometer ändert. Auch der relative Feuchtigkeitszuſtand der Atmoſphäre iſt keinesweges bei allen Winden gleich groß; im Durchſchnitt iſt die Luft bei NO.-Winden weiter vom Zuſtande der Sättigung entfernt als bei S.- und SW.-Winden. In einzelnen Fällen, bemerkt Kämtz, zeigen ſich aber bedeutende Ausnahmen. So geſchieht es nicht ſelten, daß die Luft bei NO.-Winden faſt geſättigt, bei SW.-Winden aber ſehr trocken iſt. Wenn nämlich längere Zeit hindurch Südwinde geweht haben, und der Wind ſchnell nach NO. geht, ſo gibt ſich dieſer ſogleich durch eine kältere Temperatur zu erkennen, und die Atmoſphäre kommt dem Zuſtande der Sättigung näher. Ganz etwas Aehnliches gilt vom SW.-Winde, welcher in unſern Gegenden zuerſt über einen Theil des Feſtlandes kommt, und ſich durch höhere Temperatur auszeichnet; erſt nach einiger Zeit, wo die Luft vom Meere anrückt, bewegt ſich das Hygrometer gegen den Punkt der Sättigung. Sauſſure erwähnt eine Beobachtung dieſer Art im März 1781. Das Wetter war längere Zeit hindurch bei NO.-Winden heiter und trocken geweſen; am 25ſten um 3^h 15′ Abends ſtand das Thermometer auf 15° R., das Haarhygrometer auf 44°; am 26ſten früh ging der Wind nach SW., Nachmittags ſtand das Thermometer auf 19°, das Hygrometer auf 41°; bei unverändertem Winde ſtieg das Hygrometer am 27ſten auf 50°, und am 28ſten regnete es.

Mehrfache Beobachtungen zeigen an, daß mit der Erhebung in die Luft der Feuchtigkeitszuſtand abnimmt. Man hat dieſe Bemerkung ſowohl bei der Erhebung auf Bergen als in Luftballons gemacht. Jedoch läßt ſich etwas Beſtimmtes hierüber nicht ſagen, da es andererſeits auch Beobachtungen gibt, welche eher eine Zunahme der Feuchtigkeit mit der Höhe anzeigen. Ueber den Zuſammenhang der Verdunſtung mit dem aus der Atmoſphäre wieder ſich niederſchlagenden Waſſer ſ. beſonders den Art. Regen.

Vervielfältigungskreis oder (lat.) **Multiplicationskreis**, der **Meridiankreis** und der **Theodolit** ſind drei aſtronomiſche In-

ſtrumente, welche ſo viel Aehnlichkeit in ihrer Conſtruction mit einander haben, daß es paſſend ſchien, ihre Beſchreibungen zuſammenzufaſſen. Ich werde dieſe Beſchreibung nach Littrow's vortrefflichem Werke „Der Himmel ꝛc." mittheilen. Der Meridiankreis dient um mit Genauigkeit die Höhen und dadurch die Abweichungen der Geſtirne zu beſtimmen. Es iſt von Römer erfunden worden, der auch das Mittagsfernrohr zuerſt hergeſtellt hat (ſ. d. Art. Paſſageninſtrument) und unterſcheidet ſich von dieſem insbeſondere dadurch, daß der Halbkreis (vergl. Fig. 12.), welcher dient das Fernrohr zu ſtellen, in einen genau getheilten Kreis verwandelt, und mit der größten Sorgfalt gearbeitet iſt. Fig. 392. zeigt den Meridiankreis nach ſeinen vorzüglichſten Theilen, nach der ihm von Reichenbach gegebenen Einrichtung. Man bemerkt hier wieder, wie bei dem Mittagsrohre, die auf den beiden Pfeilern P und Q ruhende horizontale Drehungsaxe AB, in deren Mitte das darauf ſenkrechte Fernrohr CD angebracht iſt. Die beiden Enden AB dieſer Drehungsaxe ſind mit ihren Pfeilern durch zwei Metallſtücke in Verbindung, deren jedes aus zwei ſtarken Platten beſteht. Die erſten dem Pfeiler nächſten Platten ſind unmittelbar an dem Pfeiler feſt, und die anderen, welche die eigentlichen Lager tragen, auf welchen die cylindriſchen Enden der Rotationsaxe aufliegen, laſſen ſich an den erſten Platten durch Schrauben bewegen, und zwar die eine auf und nieder, um dadurch die Rotationsaxe mittels der Libelle horizontal zu ſtellen, und die andere im Horizonte vor- und rückwärts, um dadurch dieſe Axe ſenkrecht auf den Meridian oder das Fernrohr CD in die Ebene des Meridians zu bringen. — An dem einen Ende der Rotationsaxe ſind zwei concentriſche, gegen dieſe Axe ſenkrechte Kreiſe mn angebracht. Die Peripherien dieſer beiden in einer Ebene liegenden Kreiſe ſind einander ſo nahe, daß ſie ſich beinahe berühren, und daß ein unbewaffnetes Auge nur mit Mühe die Grenze unterſcheidet, die ſie von einander trennt. Der größere oder äußere dieſer beiden Kreiſe iſt an ſeinem mit Silber eingelegten Rande in Grade und Minuten eingetheilt, und dieſer Kreis iſt mit der Rotationsaxe feſt und unveränderlich verbunden, ſo daß er ſich, wie das Fernrohr, zugleich mit dieſer Axe dreht. Der kleinere oder innere Kreis, der auch die Alhidade genannt wird, trägt an vier Orten ſeines Randes, von welchen Orten je zwei einander gegenüber ſtehen, einen Vernier, um dadurch, die Minuten des andern Kreiſes noch weiter in kleinere Abtheilungen zu zerlegen ſo daß man jetzt mit Hilfe beider Kreiſe unmittelbar zwei Secunden leſen, und ſelbſt die einzelne Secunde meiſtens noch mit Sicherheit ſchätzen kann. Statt dieſes Vernier können wir hier einſtweilen eine einfache feine gerade Linie ſubſtituiren, die am Rande des innern Kreiſes, an vier Orten deſſelben, in der Richtung des Halbmeſſers gezogen iſt, und mittels welcher man die Lage des äußeren Kreiſes gegen den feſten innern auf dieſem letzten ableſen kann. Dieſer zweite Kreis, oder die Alhidade, iſt nicht wie der erſte an der Drehungsaxe AB, ſondern er iſt an dem Pfeiler P befeſtigt, und bleibt daher, auch während der Drehung des erſten Kreiſes,

feſt und unveränderlich ſtehen. Die Oeffnung im Mittelpunkte dieſer Alhidade iſt nämlich etwas größer, als das Ende A der Drehungsaxe, damit dieſe frei durch jene Oeffnung gehen kann. Die Befeſtigung der Alhidade an dem Pfeiler aber wird durch die ſtarke metallene Vorrichtung ab bewirkt. Der Theil a dieſer Vorrichtung iſt ein ſtarkes, in den Pfeiler feſt eingemachtes Eiſenſtück, und der Theil b iſt eine ſolide Platte von Meſſing, die an ihrem oberſten Theile mit dem Mittelpunkte der Alhidade durch Schrauben feſt verbunden iſt. Beide Theile ſind bei c mit einander durch eine feine Schraube in Verbindung gebracht. Um ſich von der unveränderlichen Lage der Alhidade zu verſichern, wird an die Speichen derſelben, bei d, eine Libelle befeſtigt. Wenn ſich dieſe Libelle durch irgend eine kleine Verſtellung der Alhidade ändert, ſo wird durch die erwähnte feine Schraube bei c die Alhidade in ihrer Ebene bewegt, bis die Blaſe jener Libelle wieder den frühern Ort, alſo auch die Alhidade ſelbſt wieder ihre erſte Stelle einnimmt. — Eine ähnliche Vorrichtung hat man auch an dem andern Ende B der Rotationsaxe. Man ſieht hier das in dem Pfeiler Q befeſtigte Eiſenſtück a′, und die ſolide Platte b′ von Meſſing. Dieſe Platte umgibt in ihrem obern Theile bei d′ die Rotationsaxe frei, ſo daß dieſe ungehindert durch die etwas größere Oeffnung der Platte gehen kann. Allein durch die Mitte dieſer Platte und längs der Richtung c′d′ geht eine metallene Stange, deren unteres Ende bei c′ in einer Schraubenmutter läuft, und mit einer granulirten kleinen Scheibe verſehen iſt, die man bei h ſieht, und mittels welcher man jene Stange bequem drehen kann. Bewegt man dieſe Schraube h rückwärts, ſo geht das obere Ende d′ der Stange herab, und läßt die Rotationsaxe ganz frei, daher man jetzt dieſe Axe mit dem Fernrohre und dem an ſie befeſtigten äußern Kreiſe frei drehen, und das Fernrohr nahe auf den eben zu beobachtenden Stern ſo ſtellen kann, daß er wenigſtens in dem Felde des Fernrohrs erſcheint. Hat man dieß erlangt, ſo wird man nun noch das Fernrohr ſammt ſeinem äußern Kreiſe etwas, wenigſtens ſanft bewegen müſſen, um nun auch den horizontalen Faden im Brennpunkte des Fernrohrs ganz genau auf das Geſtirn zu ſtellen. Um dieß mit Sicherheit zu bewirken, ſchraubt man zuerſt die Stange durch ihre verticale Schraube h wieder aufwärts, wodurch der obere Theil d′ dieſer Stange an die Rotationsaxe angedrückt, und dadurch ihre Axe, ſammt Kreis und Fernrohr, gleichſam feſtgeſtellt wird, und jetzt kann man mittels einer andern feinen horizontalen Schraube fc′, deren granulirte Scheibe bei f iſt, die Platte c′d′, alſo auch die jetzt an ſie gleichſam befeſtigte Rotationsaxe ſehr ſanft und ſo lange bewegen, bis der Stern von dem horizontalen Faden des Fernrohrs bedeckt wird. In dieſem Zuſtande lieſt man den Ort der vier Verniere der Alhidade an dem äußern Kreiſe ab, und das Mittel aus dieſen vier Ableſungen gibt die geſuchte beobachtete Höhe des Sterns. An dem Inſtrumente ſind noch einige Vorrichtungen angebracht, welche die Sicherheit und Bequemlichkeit des Inſtrumentes erhöhen. Erſtens iſt die Rotationsaxe ihrer Länge nach, und auch der Pfeiler in der Richtung dieſer Axe ausgehöhlt, um durch eine an der andern Seite des Pfeilers aufgeſtellte Lampe das Innere des

Fernrohrs zu erhellen, und die feinen Fäden im Brennpunkte deſſelben, während der nächtlichen Beobachtungen, ſichtbar zu machen. Zweitens iſt es nöthig, dafür zu ſorgen, daß die cylindriſchen Enden A und B der Rotationsaxe durch das große Gewicht des Inſtruments, bei dem häufigen Gebrauche deſſelben, nicht eingerieben werden und dadurch ihre urſprüngliche Geſtalt verändern, wo dann die Hauptbedingungen des Inſtruments verloren gehen und das Fernrohr ſich nicht mehr in der Ebene des Meridians bewegen, ſondern bald zu der einen, bald zu der andern Seite von ihm abweichen würde. Dieſes zu verhüten, dient auf der Seite B der Axe die metallene Stange r, die an ihrem untern Ende in einen Ring ausläuft; die Oeffnung dieſes Ringes iſt beträchtlich größer als die Dicke der Axe an dieſem Orte und an dem innern Rande dieſes Ringes, in dem untern Theile deſſelben, bei p und q ſind zwei kleine kreisförmige Scheiben, ſogenannte Frictionsräder angebracht, die ſich um ihre Axe bewegen und mit ihrem oberen Theile etwas über die innere Fläche des Ringes hervorſtehen. Der oberſte Theil dieſer verticalen Stange r hat eine Oeffnung, in welche das eine Ende einer andern horizontalen Stange u eingreift, während an dem andern Ende dieſer Stange ein daſelbſt verſchiebbares, mit Blei gefülltes Gewicht R′ angebracht wird. Dieſe Stange wird durch einen Stift u gehalten, der durch die auf dem Pfeiler Q befeſtigte Säule s getragen wird. Auf dieſe Weiſe bilden die beiden Stangen r und u einen Hebel, deſſen Unterlage der Stift u, deſſen Kraft das Gewicht R′ und deſſen Laſt die Schwere der ihm zugewendeten Hälfte des Inſtruments iſt, und man ſieht leicht, daß man das Gewicht R′ ſo lange von dem Unterſtützungspunkte u entfernen kann, bis der von beiden Körpern beſchwerte Hebel ſehr nahe im Gleichgewichte iſt und bis das Inſtrument, ſtatt mit ſeiner ganzen früheren Laſt, nur noch mit einem ſo geringen Theile derſelben auf ſeinem Lager bei B aufliegt, daß es nur eben nicht frei in der Luft ſchwebt. Dieſelbe Vorrichtung ſieht man auch an dem andern Ende A der Rotationsaxe; durch eine gehörige Stellung der beiden Gegengewichte R und R′ werden die verticalen Stangen r ſo erhöht, daß die oben erwähnten beiden Frictionsrollen p und q in ihren oberen Theilen den mittlern Theil der Axe berühren, und daß nun dieſe Axe auf den vier Rollen ihrer beiden Hebel, wie auf den Rädern eines Wagens hin- und hergedreht werden kann, während das ganze ſchwere Inſtrument vielleicht nur noch mit dem zehntauſendſten Theile ſeines eigentlichen Gewichtes auf den cylindriſchen Endpunkten ſeiner Axe ruht. Ein ähnliches Gegengewicht ſieht man auch in S, welches beſtimmt iſt, die Schwere der auf ſeiner Seite ſtehenden Kreiſe auf dieſelbe Art zu balanciren. Da man dieſes Inſtrument öfters umkehren muß, ſo daß dieſe Kreiſe bald auf der Seite des Pfeilers P, bald auf jener von Q zu liegen kommen, ſo muß jeder Pfeiler zwei Säulen tragen, von welchen die eine s für die Axe und die andere t für die beiden Kreiſe beſtimmt iſt. Was die Rectification des Meridiankreiſes betrifft, ſo kommen außer den im Art. Paſſageninſtrument gegebenen Anweiſungen noch andere in Anwendung. Um die gleiche Größe und Lage der cylindriſchen Zapfen A und B der Rotationsaxe zu prüfen, kann man für ver-

ſchiedene Stellungen des Fernrohrs über dem Horizonte, die Hänglibelle (ſ. d. Art. Paſſageninſtrument S. 87) mit ihren Haken an dieſen Zapfen einhängen und zuſehen, ob die Blaſe der Libelle immer dieſelbe Lage beibehält. Man ſtellt z. B. das Fernrohr horizontal, das Objektiv D nach Süden, während der Kreis mn auf der Seite des öſtlichen Pfeilers P ſteht. Hängt man bei dieſem Stande des Inſtruments die Libelle zweimal, in verkehrter Lage, an die Axe, ſo ſei z. B. 10 die halbe Differenz der beiden Leſungen. Man kehre nun das Inſtrument um, ſo daß der Kreis mn auf den weſtlichen Pfeiler Q komme und ſtelle das Fernrohr wieder horizontal, aber das Objectiv nach Nord und hier ſei, nach der doppelten Einhängung der Libelle, die halbe Differenz der zwei Leſungen gleich 22. Daraus folgt, daß die Libelle bei der erſten Lage des Inſtruments um $\frac{1}{2}$ (22—10) oder um 6 Theilſtriche anders ſtand als bei der zweiten. Beträgt nun der Theilſtrich $\frac{2}{3}$ Secunden, ſo macht dieſer Unterſchied der beiden Lagen der Rotationsaxe ſechsmal $\frac{2}{3}$ oder 4 Secunden, zum Zeichen, daß entweder die beiden Zapfen der Axe von der genauen cylindriſchen Geſtalt abweichen, oder daß die Axen dieſer Cylinder nicht ganz ſcharf in einer geraden Linie liegen. — Um die Gleichheit der Durchmeſſer dieſer Cylinder zu unterſuchen, wiederhole man die ſo eben erwähnten Operationen mit der Libelle, doch ſo, daß das Objectiv des Fernrohrs, in beiden Lagen des Inſtruments, immer nach derſelben Seite, z. B. immer nach Süd gerichtet wird; findet man in der erſten Lage jene halbe Differenz z. B. 15 gegen Oſt, und in der zweiten 5 gegen Weſt, ſo iſt die Summe dieſer Zahlen 20, und dieſe durch $\frac{2}{3}$ multiplicirt, gibt 13,3 Secunden für die geſuchte Ungleichheit der Durchmeſſer jener Cylinder. Sollten aber beide halbe Differenzen öſtlich oder beide weſtlich gefunden werden, ſo würde man die Differenz jener zwei Zahlen nehmen, und dadurch 10mal $\frac{2}{3}$ oder 6,3 für die Ungleichheit der Cylinderdurchmeſſer erhalten. — Wenn der äußere Kreis mn mit den inneren nicht genau concentriſch liegt, ſo wird die Ableſung der beobachteten Höhen der Sterne dadurch geändert oder ſie wird fehlerhaft ſein. Allein dieſem Fehler kann man ſehr leicht dadurch begegnen, daß man an zwei einander diamentral gegenüber liegenden Vernieren ablieſt, wofür der Künſtler ſchon geſorgt hat, indem er die oben erwähnten vier Verniere unter rechten Winkeln gegen einander ſtellte. — In den neuern Zeiten hat man auch diejenigen Fehler zu berückſichtigen geſucht, welche aus der Wirkung der Schwere auf Fernrohr und Kreis, bei den verſchiedenen Lagen derſelben, entſtehen. Zu dieſem Zwecke beobachtet man einen Circumpolarſtern in ſeiner oberen ſowohl, als auch in ſeiner unteren Conjunction und zwar in jeder zweimal, indem zuerſt der Kreis mn öſtlich, und dann weſtlich von dem Fernrohre ſteht. — Allein die an dieſen Inſtrumenten angebrachten Fernröhre ſind ſo lichtſtark, daß man damit nicht nur die Fixſterne der zweiten und dritten Größe, wie den Polarſtern bei Tage, ſondern daß man auch das Bild dieſer Sterne in einem Spiegel durch dieſe Fernröhre ſehr gut ſehen kann. Man wählt dazu gewöhnlich eine mit Queckſilber gefüllte Schaale, weil die Oberfläche dieſes Metalls ſehr gut ſpiegelt, und weil ſie, wie überhaupt alle Flüſſigkeiten, in ruhendem Zu=

ſtande eine genau horizontale Lage einnimmt. Wenn man aber das Bild eines Sterns in einem vor das Objectiv geſtellten horizontalen Spiegel beobachtet und dann wieder das Fernrohr unmittelbar, wie bei den gewöhnlichen Beobachtungen, auf den Stern ſelbſt wendet, ſo durchläuft das Fernrohr zwiſchen dieſen beiden Beobachtungen an dem Kreiſe einen Winkel, der genau gleich der doppelten Höhe dieſes Sterns iſt, wenn man dabei auf die Verbeſſerungen der Refraction gehörig Rückſicht nimmt. Denn da, nach dem bekannten optiſchen Geſetze, der Reflexionswinkel des von dem Spiegel zurückgeworfenen Lichtſtrahls gleich dem Einfallswinkel des unmittelbar von dem Stern kommenden Strahls iſt, ſo ſieht man das Bild des Sterns im Spiegel genau eben ſo tief unter dem Horizonte, als man den Stern ſelbſt über dem Horizonte erblickt. — Beobachtet man daher dieſes Bild des Polarſterns, ſo wie früher ihn ſelbſt, ebenfalls in beiden Culminationen und in beiden Lagen des Kreiſes mn, ſo erhält man dadurch acht Beobachtungen, aus welchen man durch eine zweckmäßige Combination derſelben jene Beugung des Inſtrumentes finden kann, die aus der verſchiedenen Einwirkung der Schwere auf die einzelnen Theile deſſelben entſteht. Die Beobachtung der Durchgänge der Geſtirne mittels des Meridiankreiſes geſchieht eben ſo wie mittels des Mittagsrohres. Der angebrachte Kreis macht jenen aber auch zu Beobachtung der Höhen geſchickt. Wenn nun der Nullpunkt des Kreiſes, wo die auf ihm verzeichnete Reihe der Grade eben anfängt, von dem Künſtler ſchon genau in denjenigen Punkt der Peripherie geſetzt worden wäre, der bei dem zwiſchen ſeinen Pfeilern aufgeſtellten Kreiſe dem Horizonte entſpricht, wenn nämlich derjenige Durchmeſſer deſſelben, der durch die Punkte 0° und 180° geht, in dem Horizonte läge, und daher der durch 90° und 270° gehende Durchmeſſer auf dem Horizonte ſenkrecht ſtünde, ſo würde man nur den horizontalen Faden des Fernrohrs auf den durch den Meridian gehenden Stern ſtellen, und die Verniere des Kreiſes ableſen, um auch ſofort ſchon die geſuchte Meridianhöhe des Sterns zu erhalten. Allein der Künſtler kann dieß ſo wenig thun, daß er vielmehr jenen Nullpunkt der Theilung ganz willkürlich nehmen und es dem Beobachter überlaſſen muß, zu ſehen, wie viel er ihn unrecht genommen hat. Man pflegt dieß den Collimationsfehler des Inſtrumentes zu nennen, ſo daß alſo, wenn der eigentliche Horizontalpunkt des Kreiſes, nicht wie er ſollte, auf 0°, ſondern z. B. auf 10° 20′ 30″ fallen ſollte, der Colminationsfehler deſſelben gleich dieſem Bogen ſein würde, wo man alſo dann von jeder an dem Inſtrumente abgeleſenen Höhe nur wieder dieſen conſtanten Fehler 10° 20′ 30″ zu ſubtrahiren haben würde, um ſofort die wahre beobachtete Höhe zu erhalten. — Ein Mittel, den Collimationsfehler zu finden, haben wir im Grunde ſchon in dem Vorhergehenden kennen gelernt. — Beobachtet man nämlich ein Geſtirn zur Zeit ſeiner Culmination zuerſt unmittelbar, indem man das Fernrohr auf die gewöhnliche Weiſe auf daſſelbe richtet, und beobachtet man es auch in dem Spiegel eines Queckſilberhorizontes, indem man das Fernrohr auf das Bild des Geſtirnes in dieſem Spiegel richtet, ſo erhält man dadurch, wie wir geſehen haben, einen von dem Fernrohre auf dem eingetheilten Rande des Kreiſes durchlaufenen Bogen, der ge-

nau gleich der doppelten Höhe des Geſtirns über dem Horizonte des Beobachters iſt, ſo daß alſo die Mitte dieſes Bogens der geſuchte Horizontalpunkt des Kreiſes ſein wird. Hätte man z. B. die directe von der Refraction befreite Höhe eines Sterns gleich 102°, und die im Spiegel reflectirte gleich 48° gefunden, ſo würde die wahre Höhe deſſelben gleich der halben Differenz dieſer Zahlen oder gleich 27° und der Collimationsfehler gleich der halben Summe derſelben oder gleich 75° ſein, ſo daß man alſo von jeder an dieſem Inſtrumente direct beobachteten Höhe den Collimationsfehler 75° ſubtrahiren muß, um die wahre Höhe des Geſtirns zu erhalten. — Ohne Hilfe eines ſolchen Spiegels kann man den Collimationsfehler des Kreiſes auch dadurch finden, daß man ein Geſtirn zweimal direct, aber in verkehrten Lagen des Kreiſes beobachtet. Geſetzt, man hätte in der erſten Lage des Inſtruments, wo der Kreis m n z. B. gen Oſt oder an der Seite des öſtlichen Pfeilers P ſtand, wenn man den horizontalen Faden des Fernrohrs auf ein Geſtirn richtet, an dem Kreiſe die Zahl 40° 13′ 10″ geleſen. Man hebe dann das Inſtrument aus ſeinen Lagern bei A und B, ſtelle es in verkehrter Richtung, ſo daß der Kreis m n jetzt auf den weſtlichen Pfeiler Q kommt, wieder zurück, und bringe endlich den Faden des Fernrohrs wieder auf denſelben Stern, wo dann der Kreis 44° 32′ 20″ zeigen ſoll. Man ſieht, daß ſonach das Fernrohr zwiſchen dieſen beiden Beobachtungen auf ſeinem Kreiſe einen Bogen durchlaufen hat, der gleich iſt der doppelten Zenithdiſtanz dieſes Sterns, und daher die Mitte dieſes Bogens dem wahren Zenithpunkte des Beobachters entſpricht. Nimmt man daher die halbe Differenz dieſer beiden Zahlen, ſo erhält man den Collimationsfehler gleich 2° 9′ 35″ und dieſe Zahl iſt es, die man zu allen Beobachtungen, wo der Kreis öſtlich ſteht, addiren und von allen, wo der Kreis weſtlich ſteht, ſubtrahiren muß, um die wahre Zenithdiſtanz des Geſtirns zu erhalten, die demnach hier gleich 42° 22′ 45″ oder gleich der halben Summe dieſer beiden Zahlen iſt. — Da in beiden Beobachtungen der Stern denſelben Ort am Himmel einnehmen, alſo im Meridian ſein muß, und da jeder Stern, wegen der täglichen Bewegung des Himmels nur einen Augenblick im Meridian iſt, ſo wird man jene zwei Beobachtungen in zwei nächſtfolgenden Tagen, zur Zeit der beiden Culminationen des Sterns anſtellen. Wenn man aber das Inſtrument ſchnell genug umkehren kann, um das Geſtirn in beiden Lagen des Kreiſes noch im Fernrohre ſehen zu können, was z. B. bei dem ſich ſehr langſam bewegenden Polarſtern Statt hat, ſo kann man dieſe beiden Beobachtungen auch ſchon in einem einzigen Tage, ja in wenigen Minuten vollenden. Zwar beobachtet man dann beide Male den Stern nicht in, ſondern außer dem Meridian und in unter ſich verſchiedenen Höhen; aber da die Geſtirne in der Nähe des Meridians ihre Höhe nur ſehr wenig ändern, ſo kann man dieſe Aenderung ihrer Höhe bis zu ihrer Meridianhöhe ſehr leicht und ſicher berechnen und ſelbſt ohne alle Rechnung unmittelbar aus den Beobachtungen ableiten. Ein Beiſpiel wird dieß ſogleich deutlich machen. — Geſetzt man hätte einen Stern zweimal in der öſtlichen und eben ſo oft in der weſtlichen Stellung des Kreiſes zu folgenden Sternzeiten beobachtet:

	Sternzeit.	Beobachtete Zenithdiſtanz des Sterns.
Kreis Oſt . .	18h 57′ 11″	40° 0′ 39″
	18h 58′ 48″	39° 59′ 54″
Kreis Weſt . .	19h 1′ 24″	43° 34′ 23″
	19h 3′ 20″	43° 33′ 30″

Dieſe vier Beobachtungen ſind zwar zu verſchiedenen Zeiten gemacht worden, wo alſo auch der Stern verſchiedene Höhen hatte, ſo daß daher dieſe Beobachtungen unmittelbar unter einander nicht verglichen werden können. Dieß könnten ſie nur, wenn alle vier in einem und demſelben Augenblicke z. B. um die Mitte aus allen jenen vier Sternzeiten, alſo um die Sternzeit 19h 0′ 11″ beobachtet worden wären. Allein auf dieſe Zeit laſſen ſich jene Beobachtungen leicht zurückführen, da aus ihnen ſelbſt die Veränderung der Zenithdiſtanzen des Sterns für jede gegebene Zeit hervorgeht. Die beiden erſten zeigen z. B., daß in der Zeit von 1′ 37″ die Zenithdiſtanz um 45″ abgenommen hat, alſo wird ſie auch in einer Zeitminute um 27,3″ abnehmen. Ebenſo zeigen die beiden letzten, daß in der Zeit von 1′ 56″ die Zenithdiſtanz um 53″ abnimmt, alſo wird ſie auch in einer Zeitminute um 27,5″ abnehmen. Wir können daher im Mittel aus allen vier Beobachtungen annehmen, daß die Zenithdiſtanz des Sterns in einer Zeitminute um 27,4″ abnimmt. — Allein die erſte Beobachtung iſt von jener imaginären mittleren, die um 19h 0′ 11″ angeſtellt ſein ſoll, um 3,0, die zweite um 1,38, die dritte um 1,22 und die vierte endlich um 3,15 Zeitminuten entfernt. Multiplicirt man alſo dieſe vier Zahlen durch 27,4, ſo erhält man die Reductionen, die man an die vier beobachteten Zenithdiſtanzen anbringen muß, um ſie alle auf jene imaginäre um 19h 0′ 11″ angeſtellte Zenithdiſtanz zu bringen. Man hat ſo

	Beob. Zenithdiſtanz.	Reduction.	Imag. Zenithdiſtanz.	
I.	40° 0′ 39″	1′ 22,2″	39° 59′ 16,8″	Kreis Oſt.
II.	39° 59′ 54″	0′ 37,8″	39° 59′ 16,2″	
III.	43° 34′ 23″	0′ 33,4″	43° 34′ 56,4″	Kreis Weſt.
IV.	43° 33′ 30″	1′ 26,3″	43° 34′ 56,3″	

Wir erhalten demnach im Mittel aus je zwei Beobachtungen folgende zwei in demſelben Augenblicke Statt habende Zenithdiſtanzen des Sterns

Kreis Oſt . . . 39° 59′ 16,5″,
Kreis Weſt . . . 43° 34′ 56,3″

und von dieſen beiden Zahlen gibt daher wieder, wie zuvor, die halbe Differenz derſelben den geſuchten Collimationsfehler des Kreiſes, der gleich 1° 47′ 49,9″ iſt, und die halbe Summe gibt die wahre Zenithdiſtanz des Sterns, die gleich 41° 47′ 6,4″ iſt. — Dieſes Verfahren, den Collimationsfehler zu beſtimmen, iſt ſehr brauchbar bei ſolchen Kreiſen, die ſich ſchnell umwenden laſſen, und gibt zugleich ſehr genaue Reſultate, wenn man in beiden Lagen des Inſtruments mehre Beobachtungen anſtellt und aus ihnen allen das Mittel nimmt. — Wie man aber in dem Vorhergehenden den Horizontalpunkt oder, was daſſelbe iſt, den

Zenithpunkt des Kreiſes beſtimmte, um zu wiſſen, von welchem Punkte des eingetheilten Randes man die Höhen oder die Zenithdiſtanzen zu zählen hat, eben ſo kann man auch an dem Kreiſe denjenigen Punkt deſſelben beſtimmen, welcher dem Pole des Aequators am Himmel entſpricht, wo man dann alle Beobachtungen der Sterne auf dieſen Inſtrumentalpolpunkt beziehen und ſonach unmittelbar die Poldiſtanzen dieſer Sterne erhalten wird. — Dieſen Polpunkt wird man am beſten durch die Beobachtung der Circumpolarſterne in ihren beiden Culminationen beſtimmen können. Steht nämlich der Kreis nun auf der Weſtſeite und nennt man h und h' die beiden Zahlen, bei welchen das Fernrohr zur Zeit der oberen und der unteren Culmination ſtand, ſo iſt die Zahl des Kreiſes, die dem Polpunkte entſpricht, oder ſo iſt der Polpunkt des Inſtruments P gleich $h - p$ für die obere und gleich $h' + p$ für die untere Culmination, wo p die Poldiſtanz des beobachteten Sterns bezeichnet, und wo bei den Größen h und h' ſchon auf die Verbeſſerung der Refraction Rückſicht genommen iſt. — Wenn aber der Kreis auf der Oſtſeite des Fernrohrs iſt, und man hier k und k' die beiden Ableſungen nennt, ſo iſt der geſuchte Polpunkt des Kreiſes P' gleich $k + p$ in der oberen und $k' - p$ in der unteren Culmination. — Daraus folgt alſo, daß man, ſelbſt ohne die Poldiſtanz p des Sterns zu kennen, nur die halbe Summe der Größen h und h' beider Culminationen bei der weſtlichen Stellung, oder die halbe Summe der Größen k und k' bei der öſtlichen Stellung des Kreiſes zu nehmen braucht um ſofort den Polpunkt des Inſtruments zu erhalten. Nehmen wir an, um dieß durch ein Beiſpiel deutlich zu machen, man hätte bei der weſtlichen Lage des Kreiſes in der oberen Culmination $h = 318° 15'$, und in der unteren $h' = 315° 1'$ gefunden, ſo iſt der Polpunkt des Inſtruments in dieſer Lage $P = 316° 38'$, oder man muß von allen in dieſer Lage des Kreiſes gemachten Beobachtungen die Größe 316° 38' ſubtrahiren, um die Poldiſtanz des beobachteten Sterns zu erhalten. — Hätte man eben ſo bei der öſtlichen Lage des Kreiſes in der oberen Culmination $k = 40° 12'$, und in der unteren $k' = 43° 26'$ gefunden, ſo würde der Polpunkt des Inſtruments für dieſe Lage $P' = 41° 49'$ ſein, oder man wird von allen in dieſer Lage des Kreiſes gemachten Beobachtungen die Größe 41° 49' ſubtrahiren, um die Poldiſtanzen der beobachteten Geſtirne zu erhalten. — So wie alſo zuvor der Zenithpunkt des Kreiſes durch die Umkehrung deſſelben von Oſt nach Weſt oder durch die Beobachtung deſſelben Sterns in verkehrten Lagen des Inſtruments gefunden wird, ſo wird auch hier der Polpunkt deſſelben durch die Beobachtung der beiden Culminationen deſſelben Sterns beſtimmt. Da nun hier, in unſerem Beiſpiele, beide Culminationen nicht nur in der einen, ſondern auch noch in der andern Lage des Inſtruments beobachtet worden ſind, ſo erhält man dadurch auch die Aequatorhöhe des Beobachtungsortes, die nämlich gleich der halben Differenz der Größen P und P' oder gleich 42° 35,5' iſt. Auch die Poldiſtanz des ſo beobachteten Sterns findet man unmittelbar aus den vier erhaltenen Zahlen, indem ſie gleich der halben Differenz der Zahlen h und h', oder auch der Zahlen k und k', alſo hier gleich

$1^\circ\ 37'$ iſt. Die Uebereinſtimmung zwiſchen dieſen beiden Differenzen wird zugleich ein Beweis für die Richtigkeit der vier Beobachtungen und der daraus abgeleiteten Werthe der beiden Polpunkte P und P′ ſein. — Noch ein anderes Mittel, den Zenithpunkt des Kreiſes zu finden, iſt der von Kater vorgeſchlagene Collimator. Dieſer beſteht in einem kleinen Fernrohre, welches in ſeinem Brennpunkte mit einem Kreuzfaden verſehen und nahe ſenkrecht auf einem in ſeiner Mitte durchbrochenen eiſernen Teller befeſtigt iſt, durch deſſen Oeffnung das Fernrohr geht. Dieſer Teller wird auf dem in einem Gefäße enthaltenen Queckſilber frei ſchwimmend erhalten und das Rohr ſo geſtellt, daß das Objectiv deſſelben den höchſten Punkt einnimmt, während das Ocular, oder vielmehr nach weggenommenen Ocular, der Kreuzfaden deſſelben, mittels eines Planſpiegels, durch eine nebenſtehende Lampe erleuchtet wird. Bringt man dieſe Vorrichtung unter den Mittelpunkt des Fernrohrs des Meridiankreiſes, und ſtellt man dieſes letzte Fernrohr nahe ſenkrecht, ſo daß das Objectiv deſſelben den tiefſten Punkt einnimmt, ſo kann man durch dieß ſo ſenkrecht geſtellte Kreisrohr den Kreuzfaden des Collimators erblicken, und dann durch eine kleine Bewegung des Kreisrohrs die Fäden beider Fernröhre genau auf einander bringen. In dieſer Stellung des Kreisrohrs lieſt man dann ſeine Lage an dem Rande des Kreiſes ab. — Dreht man dann den, immer auf dem Queckſilber ſchwimmenden Teller des Collimators im Horizonte um 180 Grade, ſo daß die weſtliche Seite des Tellers jetzt auf die öſtliche kommt, und bringt wieder durch eine kleine Bewegung des Kreisrohrs, die Fäden beider Fernröhre neuerdings genau auf einander, und lieſt auch in dieſer zweiten Lage den Kreis wieder ab, ſo gibt die halbe Summe der beiden Ableſungen an dem Meridiankreiſe ſofort den Nadirpunkt des Kreiſes, der dann, um 180° vermehrt oder vermindert, der geſuchte Zenithpunkt deſſelben ſein wird. — Dabei wird vorausgeſetzt, daß das kleine Fernrohr des Collimators wenigſtens nahe ſenkrecht auf der horizontalen Fläche des Queckſilbers ſei. Man kann dieß leicht durch kleine Gewichte erreichen, die man in verſchiedenen Punkten des eiſernen Tellers auflegt und daſelbſt verſchiebt. Wenn auf dieſe Weiſe das Fernrohr des Collimators auch nur nahe ſenkrecht geſtellt iſt, ſo wird die optiſche Axe dieſes Fernrohrs, bei der erwähnten Drehung des Tellers um 180 Grade, die Oberfläche eines ſehr ſpitzen Kegels beſchreiben, von deſſen kreisförmiger Baſis man durch jenes Verfahren, zwei einander genau gegenüber ſtehende Punkte beobachtet, in deren Mitte, als in dem Mittelpunkte dieſer Baſis, die auf dem Queckſilber vertical ſtehende, alſo nach dem Zenithe des Beobachters gehende Linie liegen muß, daher man auch die Mitte der beiden Ableſungen am Kreiſe zu nehmen hat, um den geſuchten Punkt deſſelben zu erhalten. — Uebrigens muß der Kreuzfaden des Collimators genau in dem Brennpunkte ſeines Objectivs liegen, was man durch das im Art. Paſſageninſtrument erklärte Verfahren leicht erreichen wird, weil man ſonſt dieſen Kreuzfaden durch das große Fernrohr des Kreiſes nicht deutlich ſehen kann. Eine kleine äußere Schraube, die den die Kreuzfäden tragenden Ring in der Ebene dieſes Ringes bewegt, wird dazu dienen, den einen dieſer Fäden mit dem horizontalen Faden

des Kreisrohres nahe parallel zu ſtellen. — Man ſieht, daß der eigentliche Zweck des Collimators iſt, den Stellvertreter eines Fixſterns zu geben, der in einem ſehr kleinen Kreiſe ſich bewegt, deſſen Mittelpunkt das Zenith oder eigentlich das Nadir des Beobachters iſt. Wenn man die Zenithdiſtanz dieſes Sterns in den beiden Punkten ſeines Kreiſes beobachtet, die dem Süd- und Nordpunkte des Himmels am nächſten liegen, und wenn man dann die Mitte der beiden Ableſungen nimmt, ſo erhält man dadurch den Punkt des Inſtrumentalkreiſes, der dem Zenithe entſpricht.

Der Multiplicationskreis iſt nicht auf Beobachtungen in der Ebene des Meridians beſchränkt wie das Mittagsrohr und der Meridiankreis. Er beſteht in zwei concentriſchen Kreiſen (Fig. 393.) mm und nn, die ſich in einer Verticalfläche um ihre gemeinſchaftliche horizontale Axe AB drehen, welche letztere an einer verticalen Säule EF befeſtigt iſt. Die cylindriſche Axe ſelbſt iſt in der Figur nicht ſichtbar, da ſie von dem zur Aufnahme dieſer Axe durchbohrten Würfel B, an dem oberſten Theile der Säule EF, und durch den hohlen Cylinder Q bedeckt wird. Ein Ende dieſer Axe ſteht auf der Rückſeite des Würfels bei B über demſelben etwas hervor, ſo wie auch der Cylinder Q an ſeiner untern Seite eine Oeffnung hat, durch die man zu dem andern Endpunkte dieſer Axe gelangen kann. Man hat dieſe beiden Enden der Axe zu der Abſicht frei gelaſſen, um an ſie die Hacken einer Hänglibelle anbringen zu können, durch die man, wie man bald ſehen wird, dieſe Axe genau horizontal, alſo auch die Ebene der beiden Kreiſe m und n genau vertical ſtellen kann, da dieſe Kreiſe von dem Künſtler ſchon auf der Drehbank vollkommen ſenkrecht auf ihren Axen abgedreht werden müſſen. Damit übrigens dieſe Kreiſe mit ihren Gewichten die Axe, an deren einem Ende ſie beide angebracht ſind, nicht ſchief drücken können, iſt ein mit Blei gefülltes Gegengewicht H auf der andern Seite der Axe angebracht, welches durch den Hebel pq, deſſen Unterſtützungspunkt die Säule EG iſt, jenes von den Kreiſen abwärts gedrückte Ende R der Axe, wieder ebenſo viel aufwärts hebt. — Senkrecht auf dieſe horizontale Axe AB iſt das Fernrohr CD angebracht, wo C das Ocular und D das Objectiv deſſelben iſt. Dieſes Fernrohr iſt mit dem inneren Kreiſe mm, der zugleich die Verniere trägt, feſt verbunden und kann nur mit dieſem Kreiſe zugleich vertical auf und ab bewegt werden. Der äußere Kreis nn iſt in Grade und Minuten eingetheilt, oder er trägt die Theilung, und der innere das Fernrohr und die Verniere. Das Fernrohr hat gegen ſeine Mitte bei A eine mit einem Schieber verſehene Oeffnung, durch welche man das Licht einer Lampe in das Innere des Rohrs fallen läßt, um damit die Fäden im Brennpunkte bei C zur Nachtzeit zu ſehen. Da die Beobachtung ſehr hoch oder nahe am Zenithe ſtehender Sterne bei dieſem Baue des Inſtruments beſchwerlich, wo nicht unmöglich wäre, weil dann das Fernrohr in die verticale Lage FQ kommt, ſo iſt im Innern deſſelben bei C ein kleiner Planſpiegel angebracht, deſſen Ebene mit der optiſchen Axe CD des Fernrohrs einen Winkel von 45 Graden macht, wo dann die Ocularröhre O ſenkrecht auf dieſe Axe CD geſtellt wird. Bei dieſer Einrichtung fallen die von dem Geſtirne nach der Richtung

DC kommenden Strahlen auf den Spiegel unter einem Winkel von 45 Graden auf, und werden von ihm unter einem eben ſo großen Winkel, alſo in der Richtung der Ocularröhre O in das Auge des Beobachters reflectirt, ſo daß der Geſichtsſtrahl aller hohen und niedern Sterne für den Beobachter immer eine horizontale, alſo zur Beobachtung ſelbſt ſehr bequeme Lage hat. — Die oben erwähnte verticale Säule FE beſteht aus einem hohlen Cylinder, der an ſeinem unterſten Theile F auf drei ſt rken Füßen K befeſtigt iſt. An der unteren Seite dieſer Füße wird durch drei Schrauben, von denen man in der Zeichnung nur zwei a und c ſehen kann, eine dreiarmige Spange von Stahl, von deren drei Armen die zwei ab und bc ſichtbar ſind, angeſchraubt, und auf der Mitte b dieſer ſtarken, elaſtiſchen Stahlfeder ſteht die eigentliche verticale Axe des Inſtruments, die durch die Höhlung des Cylinders FE geht und an ihrem oberſten Ende die bereits erwähnte innere horizontale Axe AB der beiden Kreiſe aufnimmt. Noch iſt unter jenem Fußgeſtelle zwiſchen ihm und der Stahlſpange, ein horizontaler Kreis M an das untere Ende der verticalen Axe des Inſtruments befeſtigt, der ſich daher mit dieſer Axe dreht. Man ſieht bei d die Druckſchraube, mit welcher man dieſen Kreis an das Fußgeſtelle bei c befeſtigen kann. Eben daſelbſt iſt auch ein Index oder ein Vernier an dem Fußgeſtelle angebracht, durch deſſen Hilfe man dieſen horizontalen Kreis auf einen beſtimmten Punkt im Horizonte, alſo auch die Verticalkreiſe m und n in ein beſtimmtes Azimuth ſtellen kann. — Nehmen wir an, der äußere, die Eintheilung tragende Kreis nn ſei mit dem Fußgeſtelle FQB des Inſtrumens feſt und unveränderlich verbunden. Um der Beſtändigkeit ſeiner Lage gewiß zu ſein, könnte man an ſeinen oberen Speichen eine Libelle befeſtigen, durch die man jede kleine Verſtellung dieſes Kreiſes ſogleich erkennen und berichtigen würde. — Kann man nun vorausſetzen, daß die Ebene der beiden Kreiſe vollkommen vertical iſt, und daß die optiſche Axe des Fernrohrs zu dieſer Kreisebene parallel iſt, ſo wird man, um die Höhe oder die Zenithdiſtanz eines Sterns zu beobachten, zuerſt den unteren horizontalen Kreis M lüften, indem man die Druckſchraube d nachläßt, und dann wird man das ganze Inſtrument um ſeine in dem hohlen Cylinder FQ ſtehende verticale Axe ſo lange frei drehen, bis die Ebene des Kreiſes durch den zu beobachtenden Stern geht. Dann öffnet man auch die ähnliche (und deßhalb in der Zeichnung nicht angegebene) Druckſchraube, welche den innern Kreis an dem feſten äußern hält, ſodaß man alſo jetzt dieſen innern Kreis, ſammt den an ihm befeſtigten Fernrohre, um ſeine horizontale Axe AB ſo lange drehen kann, bis das Geſtirn im Felde des Fernrohrs, in der Nähe des in demſelben ausgeſpannten Fadens, erſcheint. In dieſer Lage befeſtige man nun wieder die beiden Druckſchrauben des Kreiſes M ſowohl, als auch die des inneren verticalen Kreiſes mm, ſo ſteht jetzt das Inſtrument in der vorbereitenden Lage, die zu den eigentlichen Beobachtungen erfordert wird. — Bemerken wir nun, daß bei jeder dieſer Druckſchrauben auch noch eine andere feine Mikrometerſchraube angebracht iſt, die in der Lage der Tangente ihres Kreiſes liegt und dazu beſtimmt iſt, die obſchon durch ihre Druckſchrauben bereits geklemmten oder befeſtigten Kreiſe noch etwas we-

niges in ihrer Ebene weiter zu bewegen. Wir haben eine ſolche Mikrometerſchraube ſchon oben bei Gelegenheit des Meridiankreiſes angeführt, wo ſie auch (Fig. 392.) bei f h abgebildet iſt. — Durch dieſe Mikrometerſchraube bewegt man nun das Fernrohr in verticaler und horizontaler Richtung ganz leiſe ſo, daß der bereits im Felde des Fernrohrs ſtehende Stern in der Mitte des Feldes ganz genau auf den horizontalen Faden zu ſtehen komme. In dieſem Augenblicke lieſt man die neben dem Inſtrumente ſtehende Uhr und dann auch den Stand der Verniere des innern Kreiſes gegen den feſten eingetheilten äußeren Kreis ab, wodurch man die geſuchte Zenithdiſtanz des Sterns für eine gegebene Zeit erhält, vorausgeſetzt, daß man den Collimationsfehler des Kreiſes bereits kennt, d. h. daß man bereits weiß, wie viel man von jeder Leſung am Kreiſe abziehen, oder dazu addiren muß, um die wahre Zenithdiſtanz der Beobachtung zu erhalten. Dieſen Collimationsfehler findet man aber entweder durch Umwendung des Inſtruments oder durch einen Queckſilberhorizont ganz auf dieſelbe Art, wie bereits bei dem Meridiankreiſe geſagt worden iſt, und man ſieht von ſelbſt, daß hier die erſte Methode ganz beſonders anwendbar iſt, weil das Inſtrument, nach der Einrichtung ſeines Baues, ſich ſo leicht und ſicher umwenden läßt, ſo daß einmal der Kreis auf der einen und dann auf der entgegengeſetzten Seite der verticalen Säule F B zu ſtehen kommt.

Jede einzelne Beobachtung wird mit mehr oder weniger Fehlern behaftet ſein, die nicht nur durch mangelhafte Geſchicklichkeit des Beobachters herbeigeführt werden, ſondern auch durch Unvollkommenheiten den Inſtrumentes bedingt ſind, welche in jeder beſtimmten Stellung desſelben von einem beſtimmten Einfluß ſein müſſen. Eine der wichtigſten Fehlerquellen kann eine nicht völlig richtige Theilung werden. Um namentlich die aus dieſer Fehlerquelle entſpringenden Irrthümer möglichſt zu vermeiden, gab man beſonders früher den Inſtrumenten eine Einrichtung, um die Beobachtungen zu vervielfältigen, (lat.) zu multipliciren, wovon es den Namen erhielt. Doch hat man die Theilung der Inſtrumente gegenwärtig zu einem Grade der Vollkommenheit gebracht, welcher die Methode der Multiplication überflüſſig macht, indem gegenwärtig eine zur Multiplication gemachte Vorrichtung mit mehr Fehlern behaftet ſein dürfte, als die Theilung, wenn beide mit möglichſter Vollkommenheit hergeſtellt werden. Die Multiplicationsmethode iſt endlich ſowohl bei den Beobachtungen als bei den Berechnungen langweilig und unbequem. Littrow gibt indeß von der Behandlungsart der Inſtrumente beim Multiplicationsverfahren folgende Kenntniß. Wir haben, ſagt er, vorausgeſetzt, daß der äußere, die Theilung tragende Kreis n n, an dem Fußgeſtelle F B des Inſtruments feſt und unveränderlich angebracht ſei. Nehmen wir nun an, daß auch er, ſo wie der innere Kreis m m, ſich um ſeine horizontale Axe A B bewegen laſſe, und daß der äußere Kreis mittels einer eigenen Druckſchraube an dieſes Fußgeſtelle, ſo wie der innere durch ſeine Druckſchraube an den äußern Kreis befeſtigt werden könne. Bei dieſer Einrichtung wird man alſo, wenn man die Druckſchraube des äußern Kreiſes andrückt, und dafür die Schraube des innern Kreiſes lüftet, blos den innern

ſammt ſeinem Fernrohre bewegen, wie wir dies bisher gethan haben. Wenn man aber im Gegentheil die Druckſchraube des innern Kreiſes feſtſtellt und dafür die des äußern öffnet, ſo wird man beide, jetzt mit einander verbundene Kreiſe, zugleich um ihre gemeinſchaftliche horizontale Axe A B bewegen können. Auf dieſe abwechſelnde Bewegung des innern Kreiſes um den feſten äußern und der gemeinſchaftlichen beiden unter ſich verbundenen Kreiſe, beruht das erwähnte Princip der Multiplication, welches wir nur ſogleich näher angeben wollen. — Man ſtellt zuerſt den inneren Kreis durch ſeinen Vernier auf irgend einen beſtimmten Theilſtrich z. B. auf Nullgrad des äußern Kreiſes und befeſtigt jenen auf dieſem durch ſeine Druckſchraube. Dann öffnet man die Druckſchraube des äußern Kreiſes und dreht beide Kreiſe zugleich um ihre horizontale Axe A B, bis das Geſtirn im Felde des Fernrohrs erſcheint, worauf man den äußern Kreis wieder an ſein Fußgeſtell ſchließt, und mit der feinen Mikrometerſchraube dieſes Kreiſes den horizontalen Faden des Fernrohrs genau auf den Stern bringt und die Zeit dieſes Moments an der Uhr bemerkt. Nehmen wir an, die Kreiſe ſeien während dieſer Beobachtung auf der Oſtſeite der verticalen Axe F B geſtanden. — Damit iſt die erſte Hälfte der Beobachtung vollendet, die aber für ſich allein kein Reſultat gibt, da der innere Kreis noch immer auf 0° des äußern ſteht. — Man dreht nun beide Kreiſe um ihre verticale Axe F B um 180 Grade, ſo daß die beiden Kreiſe jetzt auf die Weſtſeite dieſer Axe kommen, bis der Stern wieder in der Ebene dieſer Kreiſe erſcheint und löſt dann, bei immer geſchloſſenem äußeren Kreiſe, den innern, und bewegt ihn, ſammt ſeinem Fernrohre, ſo lange um ſeine horizontale Axe A B, bis der Stern zum zweitenmale in der Nähe des Fadens erſcheint. In dieſer Lage befeſtigt man den innern Kreis durch ſeine Druckſchraube wieder an den äußern, und bringt dann durch die Mikrometerſchraube dieſes innern Kreiſes den horizontalen Faden des Fernrohrs genau auf das Geſtirn. — Jetzt iſt auch die zweite Hälfte der Beobachtung geendet und da zwiſchen beiden das Fernrohr offenbar um die doppelte Zenithdiſtanz des Sterns auf dem äußeren Kreiſe fortgerückt iſt, ſo wird auch das Ableſen dieſes Kreiſes ſofort die geſuchte doppelte Zenithdiſtanz des Geſtirns geben. — Es iſt aber für ſich klar, daß man von dem jetzt gefundenen Punkte des äußeren Kreiſes eben ſo gut, wie zuvor von dem Nullpunkte deſſelben ausgehen, und dieſelbe Beobachtung, ſo oft man will, wiederholen kann. Man wird nämlich jetzt die beiden geſchloſſenen Kreiſe wieder in ihre erſte Lage, wo der Kreis öſtlich von der verticalen Axe ſteht, bringen, den äußern Kreis lüften und ihn ſammt dem noch an ihm befeſtigten inneren ſo lange drehen, bis der Faden wieder den Stern deckt, worauf der äußere Kreis geſchloſſen, beide wieder auf die Weſtſeite gedreht und dann der innere gelöſt und ſo lange gedreht wird, bis der Faden wieder auf den Stern fällt, wo dann die zweite Ableſung des äußeren Kreiſes die vierfache Zenithdiſtanz des Sterns angeben wird, und ebenſo wird nun die 6, 8, 10fache Zenithdiſtanz deſſelben erhalten. In der Ordnung wird man ſich mit der doppelten oder vierfachen Zenithdiſtanz begnügen, und da dieſe Beobachtungen, mit einiger Uebung, ſchnell genug auf einander

folgen, ſo wird es immer erlaubt ſein, die Höhenänderung des Geſtirns während dieſer Beobachtungen als der Zeit proportional oder als gleichförmig ſich ändernd anzuſehen. Dann wird man alſo auch das Mittel aus allen ſo erhaltenen Zenithdiſtanzen, d. h. den durch die Anzahl der Beobachtungen dividirten Bogen, welchen das Fernrohr durchlaufen hat, als die Zenithdiſtanz anſehen, die für das Mittel der ſämmtlichen Beobachtungszeiten gehört. Geſetzt, man habe im Anfange der Beobachtung den innern Kreis auf 10° 5′ 30″ des äußeren geſtellt und am Ende von zwei vollſtändigen oder doppelten Beobachtungen ſeinen Stand gleich 242° 50′ 40″ gefunden. Die Uhrzeiten der vier Momente, wo der Faden den Stern deckte, ſeien 4^h 30′, 4^h 34′, 4^h 37′ und 4^h 43′, geweſen, ſo iſt die Differenz von jenen beiden Ableſungen 232° 45′ 10″ und die Summe von dieſen vier Uhrzeiten 18^h 24′. Nimmt man alſo von jeder dieſer Zahlen den vierten Theil, ſo erhält man als Reſultat dieſer Beobachtungen, daß um 4^h 36′ Uhrzeit die einfache Zenithdiſtanz des Sterns gleich 58° 11′ 17,5″ iſt. Es ſind noch die Mittel anzugeben, durch welche die gemachte Vorausſetzung zu erfüllen, daß die Ebene der beiden Kreiſe vollkommen vertical und die optiſche Axe des Fernrohrs dieſer Ebene parallel ſei. Zu dieſem Zwecke muß man zuerſt die verticale Axe bE oder den ſtählernen Cylinder, der in ſeinem unterſten Punkte auf der Spange abc ſteht, und auf welchem eigentlich das ganze Inſtrument ruht, in eine auf dem Horizonte ſenkrechte Stellung bringen; dieß wird man mittels einer Libelle thun können, die man über jener Axe bei uu zwiſchen den zu dieſer Abſicht frei gelaſſenen Bogen der Säule EG aufſtellt, welche den Unterſtützungspunkt des oben erwähnten Hebels für das Gegengewicht trägt. Stellt man dann den Kreis, alſo auch dieſe Libelle mit der Linie, die durch zwei der drei Fußſchrauben geht, z. B. mit der Linie KK′ parallel ſo ſoll z. B. der Mittelpunkt der Blaſe bei dem Theilſtriche 10 ſtehen. Dreht man dann den Kreis um ſeine verticale Axe FB um 180 Grade, bis er wieder mit der Linie KK′ parallel iſt, und zeigt in dieſer Lage der Mittelpunkt der Blaſe z. B. 20, ſo wird man die eine oder die andere dieſer beiden Fußſchrauben K oder K′ ſo lange bewegen, bis die Blaſe das Mittel jener beiden Zahlen, d. h. bis ſie die Zahl 15 zeigt. Auf dieſe Weiſe bringt man es durch einige Wiederholungen dieſes Verfahrens leicht dahin, daß die Libelle in den beiden erwähnten Lagen des Kreiſes immer dieſelbe Zahl, z. B. 15 zeigt. Dreht man dann den Kreis im Horizonte noch um 90 Grade gegen ſeine beiden vorigen Lagen, ſo daß jetzt der Kreis durch die dritte Fußſchraube K″ geht, ſo wird man auch dieſe Fußſchraube K″ ſo lange bewegen, bis die Libelle in dieſer neuen Lage ebenfalls 15 zeigt, und dann wird die Libelle in allen Lagen des Kreiſes immer unverändert dieſelbe Zahl geben, zum Zeichen, daß die erwähnte ſtählerne Axe des Inſtruments in der That vertical iſt. Sollte die Libelle bei dieſer Bewegung des Kreiſes durch alle Punkte des Horizontes noch einen geringen Fehler dieſer Verticalität anzeigen, ſo wird man das ſo eben angezeigte Verfahren wiederholen, um dadurch dieſen noch übrigen kleinen Fehler vollkommen wegzubringen. — Auf dieſer verticalen Axe iſt nun in ihrem obern Endpunkte die horizontale Axe AB

der beiden Kreiſe durch ſtarke Schrauben im Inneren des Würfels B befeſtigt. Dieſe horizontale Axe muß nun ebenfalls genau ſenkrecht auf jener verticalen ſtehen. Es iſt ſchon oben geſagt worden, daß die beiden Enden dieſer horizontalen Axe frei ſtehen, damit man an ſie die Haken einer zweiten Libelle anbringen kann. Hängt man nun dieſe Libelle in zwei einander entgegengeſetzten Lagen an dieſe Axe, ſo daß derſelbe Haken zuerſt bei B und dann bei Q zu ſtehen kommt, und zeigt ſie z. B. in der erſten Lage 4 und in der andern 10, ſo wird man das eine Ende der horizontalen Axe durch die dazu beſtimmte Schraube ſo lange erniedrigen oder erhöhen, bis die Libelle in beiden Lagen die Zahl 7 gibt, wo dann dieſe Axe AB horizontal und daher auf der Axe bE ſenkrecht ſtehen wird. Durch dieſes Verfahren wird alſo auch die Ebene der beiden Kreiſe auf den Horizont ſenkrecht geſtellt ſein, da der Künſtler ſchon durch die Einrichtung ſeiner Drehbank den Kreis ſenkrecht auf ſeine Axe geſtellt hat. — Um die optiſche Axe des Fernrohrs mit der Ebene dieſer Kreiſe parallel zu ſtellen, wird man zuerſt den horizontalen Faden desſelben, durch eine ſanfte Bewegung des Fernrohrs längs einem ſcharfbegränzten und ſehr entfernten terreſtriſchen (irdiſchen) Gegenſtande hinlaufen laſſen, und ihn mittels der dazu beſtimmten Schraube um ſeinen Mittelpunkt ſo lange drehen, bis der Faden ſeiner ganzen Länge nach immer ſcharf auf dem Objecte bleibt. Dann ſtellt man auch den zweiten oder verticalen Faden oder eigentlich nur den dem horizontalen zunächſt ſtehenden Theil desſelben auf jenen terreſtriſchen Gegenſtand und lieſt dabei den Azimuthalkreis M ab. Jetzt dreht man die Kreiſe auf die entgegengeſetzte Seite der verticalen Axe bE, bis der Horizontalkreis genau 180 Grade mehr zeigt, als in der erſten Lage, und ſieht nun zu, ob der verticale Faden auch in dieſer zweiten Lage das terreſtriſche Object wieder genau treffe. Hat dieß nicht Statt, ſo verbeſſert man die Hälfte des ſo gefundenen Fehlers durch diejenige Schraube, welche das Fadennetz in horizontaler Richtung zu bewegen beſtimmt iſt. Eine Wiederholung dieſes Verfahrens wird den noch übrig gebliebenen Fehler bald bis zur völligen Unmerklichkeit desſelben vermindern.

Der Theodolit iſt in Bauart und Einrichtung mit dem Multiplicationskreiſe übereinſtimmend, nur daß bei dem Theodoliten der Horizontalkreis der wichtigere und mit beſonderer Sorgfalt gearbeitet iſt. Man bedient ſich daher des Theodoliten vorzugsweiſe zu geodätiſchen Meſſungen, für irdiſche Gegenſtände, wo man vorzüglich die horizontale Diſtanz derſelben ſucht, während der Multiplicationskreis beſonders zur Beobachtung der Höhe der Geſtirne dient. Sind bei einem Inſtrumente der horizontale und der verticale Kreis gleich gut gearbeitet und gleich groß, ſo kann es zugleich zu geodätiſchen und aſtronomiſchen Meſſungen dienen. Der Theodolith iſt in Fig. 394. vorgeſtellt. Man ſieht hier wieder die drei ſtarken Fußſchrauben K, K′, K″ des dreiarmigen Fußgeſtells; dieſe Arme ſind an ihren Enden, wo ſie die Fußſchrauben aufnehmen, in zwei Theile geſpalten, und dieſe Theile können durch eigene Seitenſchrauben k, k′, k″ einander genähert werden, um jede Wankung der Fußſchrauben zu verhindern. Dieſe letzten Schrauben laufen an ihren unteren Enden in eine koniſche Stahlſpitze aus,

die in einer ähnlichen koniſchen Vertiefung einer ſtarken Metallſcheibe y, y′, y″ ſich bewegt, welche Scheiben an ihrer untern Seite mit andern drei kurzen, koniſchen Stahlſpitzen verſehen ſind, womit ſie feſt und unverrückbar auf dem Beobachtungstiſche P aufliegen. An der untern Seite dieſer drei Arme des Fußgeſtelles iſt wieder (wie bei Fig. 393.) die metallene Spange a F c angeſchraubt. Auf dieſer Spange ſteht die eigentliche verticale Drehungsaxe FE des Theodoliten, die ſich in dem hohlen Cylinder QQ frei bewegt, und an deren oberen Ende der Horizontalkreis RR′ ſenkrecht auf jene Axe befeſtigt iſt. Dieſer Horizontalkreis iſt entweder ein einfacher Kreis, über deſſen Ebene eine in dem Mittelpunkt deſſelben, unter E, an die Axe FE befeſtigte Alhidade, die an ihrem andern Ende mit einem Vernier verſehen iſt, auf und ab läuft, oder er beſteht wie bei dem Multiplicationskreiſe, aus zwei concentriſchen Kreiſen, von welchen der äußere oder größere durch eine eigene Druckſchraube an die Hülſe QQ′ der verticalen Axe FE befeſtigt werden kann, während der innere das Fernrohr und den Höhenkreis tragende Kreis ſich entweder innerhalb des feſten äußern frei drehen oder wenn er durch ſeine Druckſchraube an dieſen äußern Kreis befeſtigt wird, mit dieſem zugleich um die Axe FE rotiren kann, um dadurch die gemeſſenen horizontalen Winkel auf dieſelbe Weiſe zu multipliciren, wie dieß oben für das in Fig. 393. abgebildete Inſtrument bei den Höhenwinkeln gezeigt worden iſt. — In beiden Fällen ſind auf dem innern Kreiſe RR′ verticale Säulen fg befeſtigt, die an ihren obern Enden die horizontale Drehungsaxe AB des Inſtruments tragen. Senkrecht auf dieſe Drehungsaxe iſt der Verticalkreis TT′ des Theodoliten und das Fernrohr CND deſſelben befeſtigt. Dieſer Verticalkreis iſt ebenfalls entweder ein einfacher Kreis nach ſeiner an der Axe AB befeſtigten Alhidade dc, oder er iſt ein doppelter concentriſcher Kreis, auf dieſelbe Art, wie in Fig. 393. eingerichtet, um damit auch die Höhen multipliciren zu können. Das Fernrohr CND iſt in ſeiner Mitte bei N unter einem rechten Winkel gebrochen, wo dann ein im Innern des Rohrs bei N angebrachter kleiner Spiegel die von dem Objective D nach der Richtung DN einfallenden Strahlen in die darauf ſenkrechte Richtung NC nach dem Ocular C zu reflectirt. Bei dieſer Einrichtung des Fernrohrs wird alſo das Auge des Beobachters bei C immer das Geſtirn, es mag hoch oder niedrig ſtehen, in der horizontalen Richtung der Linie CN erblicken, zu welchem Ende alſo die eine Hälfte NC der Drehungsaxe durchbohrt oder hohl ſein muß. Damit die Drehungsaxe AB durch die Objectivhälfte ND des Fernrohrs nicht ſchief gedrückt wird, iſt das Gegengewicht H an der Stange NH angebracht. Um endlich den Höhenkreis TT′ in jeder ſeiner Lagen feſt zu ſtellen, wird man die Druckſchraube n, die unmittelbar auf die Drehungsaxe AB wirkt, anziehen, und um dann dem ſo befeſtigten Kreiſe ſammt ſeinem Fernrohre doch noch eine kleine Bewegung zu geben, durch welche man den Faden des Fernrohrs genau auf den Stern bringen kann, iſt eine eigene Vorrichtung hL mit ihrer Mikrometerſchraube mh angebracht, die ganz der bei dem Meridiankreiſe (Fig. 392.) bei c′d′ und fh beſchriebenen ähnlich iſt, und daher hier keiner weitern Erläu-

terung bedarf. — Wenn der Kreis RR′ und die Drehungsaxe AB bereits horizontal, und wenn der Höhenkreis TT′ ſo wie die optiſche Axe des Fernrohrs bereis ſenkrecht auf der Drehungsaxe AB, alſo auch ſenkrecht zu dem Horizonte geſtellt ſind, ſo wird man, wenn das Inſtrument nicht multiplicirt, oder wenn die beiden äußern Kreiſe RR′ und TT′ feſt ſind, bei der Beobachtung mit dieſem Inſtrumente auf folgende Weiſe verfahren. Geſetzt, man wollte den Winkel, welchen zwei Thurmſpitzen in dem Auge des Beobachters bilden, und zugleich die Differenz der Höhen dieſer Spitzen über dem Horizonte finden. Zu dieſem Zwecke wird man alſo den Höhenkreis TT′ ſammt dem Fernrohre um die Verticalaxe FE, und zugleich das Fernrohr ND um ſeine Horizontalaxe AB ſo lange drehen, bis die Spitze des einen Thurms im Felde des Fernrohrs nahe bei dem Durchſchnitte der beiden Kreuzfäden deſſelben erſcheint. Jetzt werden beide Kreiſe RR′ und TT′ durch ihre Druckſchrauben geſchloſſen, und der Fadendurchſchnitt mit Hilfe der Mikrometerſchrauben dieſer beiden Kreiſe genau auf die Thurmſpitze gebracht, wo dann die beiden Kreiſe abgeleſen werden. Dann werden ſie wieder gelüftet und ſo lange gedreht, bis auch die zweite Spitze im Felde des Fernrohrs erſcheint, wo daſſelbe Verfahren wiederholt und die Stellung der beiden Kreiſe wieder abgeleſen wird. Die Differenz der beiden Leſungen an dem Kreiſe RR′ gibt dann den geſuchten Horizontalwinkel der beiden Thürme, ſo wie die Differenz der beiden Leſungen des Kreiſes TT′ die geſuchte Höhendifferenz der Spitzen dieſer Thürme geben wird. — Will man die abſolute Höhe dieſer Objekte ſelbſt kennen, ſo wird man zuerſt den Zenithpunkt des Höhenkreiſes TT′ durch die oben erwähnten Methoden beſtimmen. Man wird z. B. die Höhe irgend eines weit entfernten und ſcharf begränzten Gegenſtandes in zwei entgegengeſetzten Lagen des Inſtruments beobachten, indem bei der erſten Beobachtung der Kreis TT′ rechts und in der zweiten links von dem Fernrohre ND ſteht. Die Differenz der beiden Leſungen oder der während dieſer beiden Beobachtungen von dem Fernrohre durchlaufene Bogen wird die doppelte Zenithdiſtanz des Objects ſein. Da man dadurch die einfache, wahre Zenithdiſtanz und die ihr in beiden Lagen des Kreiſes entſprechende Theilzahl kennt, ſo weiß man auch, welche conſtante Größe man von jeder Leſung an dieſem Kreiſe abzuziehen oder zu ihm hinzuzuſetzen hat, um in jeder anderen Beobachtung ſogleich wieder die wahre Zenithdiſtanz des Gegenſtandes zu erhalten. — Stellt man ebenſo den Nullpunkt des Horizontalkreiſes RR′ in der Ebene des Meridians auf, oder, was daſſelbe iſt, weiß man, welcher Punkt dieſes Horizontalkreiſes dem Meridiane entſpricht, ſo wird man auch alle an dieſem Kreiſe abgeleſenen Bogen nur von jenem Meridianpunkt an zählen, oder von jeder Leſung an dieſem Kreiſe eine bekannte Conſtante abziehen, um ſofort auch die Azimuthe (ſ. d. Art.) der beobachteten Gegenſtände zu erhalten. — Alles dieß ſetzt aber voraus, daß von den beiden Kreiſen RR′ und TT′, ſo wie von den beiden Axen AB und FE, die eine horizontal und die andere genau vertical ſei. Dieſer Forderung zu genügen oder das Inſtrument zu rectificiren wird man ganz ſo, wie oben (Seite 777.) bei dem Multiplicationskreiſe geſagt wor-

den iſt, verfahren. — Um zuerſt die verticale Drehungsaxe FE vollkommen ſenkrecht auf den Horizont zu ſtellen, wird man ſich einer Libelle bedienen, die mit ihren zwei Füßen auf die cylindriſchen Enden der Axe AB aufgeſtellt wird, ſo daß die Glasröhre der Libelle zwiſchen den Speichen des Kreiſes TT′ zu ſtehen kommt. Dann ſtellt man dieſe Axe AB parallel zu zwei Fußſchrauben KK′ und verbeſſert, bei der jedesmaligen Umdrehung des Kreiſes um 180 Grade, die eine dieſer beiden Fußſchrauben ſo lange, bis die Mitte der Blaſe in beiden Lagen des Inſtruments immer denſelben Punkt zeigt. Iſt z. B. 12 der Theilſtrich, bei welchem die Mitte dieſer Blaſe in der erſten Lage ſteht, und iſt 20 derſelbe für die zweite Lage des Inſtruments, ſo wird in der zweiten Lage die erwähnte Fußſchraube ſo bewegt, daß die Mitte der Blaſe zu dem Theilſtrich 16 oder zu dem Mittel von jenen beiden komme. Iſt dieß berichtigt, ſo wird die Axe AB in eine auf die beiden vorigen ſenkrechte Lage gebracht, und bloß durch die dritte Fußſchraube die Mitte der Libelle wieder auf den Theilſtrich 16 zurückgeführt. Zeigt dann die Libelle bei allen Richtungen der Axe AB, immer denſelben Punkt, ſo wird die Axe FE vollkommen vertical, oder der von dem Künſtler auf dieſe Axe ſenkrecht abgedrehte Kreis RR′ wird vollkommen horizontal ſein, wodurch die erſte der oben erwähnten Bedingungen erfüllt iſt. — Allein nun iſt es noch möglich, daß die beiden Stützen fg, welche die horizontale Drehungsaxe AB tragen, von ungleicher Länge ſind, wo dann die auf dieſer Stütze ruhende Axe AB nicht mehr horizontal, alſo auch der auf dieſe Axe AB von dem Künſtler bereits ſenkrecht abgedrehte Kreis TT′ auch nicht mehr vertical ſein würde, worin doch die zweite Bedingung beſteht, die Statt haben muß, wenn das Inſtrument in der That zu Beobachtungen tauglich ſein ſoll. — Um nun auch dieſer Forderung zu genügen, wird man dieſelbe Libelle, ohne übrigens jetzt den Kreis ſelbſt weiter zu bewegen, zuerſt in einer und dann in der entgegengeſetzten Lage auf die Endpunkte der Axe AB ſtellen, ſo daß derſelbe Fuß der Libelle zuerſt nach A und dann nach B kommt. Steht die Libelle in dieſen beiden Lagen derſelben bei verſchiedenen Theilſtrichen, ſo wird man durch eine eigends dazu beſtimmte Schraube, die an der einen der Stützen fg bei Z angebracht iſt, dieſe Stütze etwas erhöhen oder erniedern, bis die Libelle in der Mitte zwiſchen jenen beiden abgeleſenen Theilſtrichen ſteht und dieſes Verfahren wird man ſo lange wiederholen, bis die Libelle in ihren beiden Lagen immer denſelben Theilſtrich zeigt, wo dann die Drehungsaxe AB horizontal oder dem Kreiſe RR′ parallel, und zugleich der Kreis TT′ gegen den Horizont ſenkrecht ſein wird. — Um endlich auch noch die optiſche Axe des Fernrohrs mit dem Kreiſe TT′ parallel zu ſtellen, wird man den ſenkrechten Faden deſſelben auf irgend ein ſcharf begrenztes terreſtriſches Object richten, und dann die Axe AB ſammt Fernrohr und Höhekreis aus ihren beiden Lagern bei A und B herausheben, um es in verkehrter Stellung, ſo daß jetzt das Axenende A auf das Lager B komme, wieder in dieſe Lage zurückbringen. Wird jetzt das Fernrohr wieder auf das terreſtriſche Object zurück gebracht, und weicht der Faden etwas von demſelben ab, ſo wird man die Hälfte

des bemerkten Fehlers durch die Schraube bei A verbeſſern, welche beſtimmt iſt, das Fadennetz in horizontaler Richtung zu bewegen.

Verwandtſchaft, chemiſche, Miſchungskraft, (lat.) Affinität iſt die (chemiſche) Kraft, welche ein derartiges gegenſeitiges Durchdringen verſchiedenartiger Körper bewirkt, daß keiner der beiden in Verbindung getretenen Körper mehr zu erkennen iſt, und ein neuer oft in allen ſeinen Eigenſchaften von den in ihm vereinigten Körpern unterſchiedener Körper erſcheint, der ein durchgängig gleichartiges (homogenes) Ganzes bildet. Die verſchiedenen Körper haben eine gewiſſe Neigung ſich mit beſtimmten anderen Körpern zu vereinigen, und halten nach der Vereinigung einander mit einer gewiſſen Kraft feſt; dabei haben ſie zu einigen Körpern größere Neigung (gehen leichter, begieriger Verbindungen mit ihnen ein) als zu anderen, und halten jene daher auch feſter als dieſe. Daher kann man einen Körper von einem andern, mit dem er verbunden iſt, dadurch trennen, ſcheiden, daß man einen dritten Stoff, zu dem er größere Verwandtſchaft hat, in geeigneter Weiſe hinzubringt. Der erſte zuſammengeſetzte Körper wird auf dieſe Weiſe zerlegt, dabei aber auch eine neue Miſchung bewirkt. Die Geſetze, nach denen Miſchungen und Trennungen, Scheidungen, Zerlegungen erfolgen, ſind der Gegenſtand der Verwandtſchaftslehre oder Affinitätslehre. Erſt mit der Ausbildung dieſer Lehre hat die Chemie eine wiſſenſchaftliche Grundlage gewonnen. Bergmann war der erſte, welcher die chemiſchen Erſcheinungen nach beſtimmten Geſetzen ordnete. Spätere Erfahrungen und Entdeckungen haben ſeine Lehre erweitert und vervollkommnet. Ihre wichtigſten Sätze ſind folgende.

Verwandt heißen Körper, welche ſich zu einem gleichartigen Ganzen verbinden, und wenn bei dieſer Verbindung nicht zugleich Scheidungen auftreten, ſo findet miſchende Verwandtſchaft (affinitas compositionis) ſtatt. Dieſelbe heißt einfach, wenn nur zwei (einfache oder zuſammengeſetzte) Körper in Verbindung treten; vielfach oder verwickelt, wenn ſich mehr als 2 Körper verbinden. — Wenn ein dritter Stoff mit einer Verbindung von zwei Körpern ſich verbindet, zu denen er einzeln keine Verwandtſchaft hat, ſo heißt die miſchende Verwandtſchaft, welche in dieſem Falle auftritt: erzeugt (producta). So verbindet ſich z. B. Queckſilber weder mit Stickſtoff noch mit Kohlenſtoff, wohl aber mit Cyan, der Verbindung jener beiden, zu Cyanqueckſilber. — Wird die miſchende Verwandtſchaft zweier (nicht verwandter) Körper durch einen dritten bewirkt, welcher mit jedem einzelnen von jenen in Affinität ſtand, ſo heißt dieſelbe aneignend (approximans). So z. B. iſt Fett nicht löslich in Waſſer, indem es aber zu Kali Affinität hat, welches ſeinerſeits wieder dem Waſſer verwandt iſt, ſo wird durch das Kali das Fett (als Seife) im Waſſer löslich. — Wenn ſich die in Berührung gebrachten Körper unter keiner Bedingung verbinden, ſo haben ſie keine Verwandtſchaft. — Einfache Wahlverwandtſchaft (affinitas electiva simplex) findet ſtatt, wenn die Verbindung zweier Körper durch einen dritten Körper aufgehoben wird,

welcher ſich ſelbſt mit demjenigen jener beiden verbindet, zu dem er nähere Verwandtſchaft hat, als jene beiden unter ſich. Man habe eine Miſchung a + b, zu der ein Körper c komme; hat nun a zu c nähere Verwandtſchaft als zu b, ſo bildet ſich eine Verbindung a + c und b wird ausgeſchieden; hat dagegen b zu c nähere Verwandtſchaft als zu a, ſo bildet ſich ein Körper b + c und a wird ausgeſchieden. Der ausgeſchiedene Körper heißt Educt, die erzeugte Miſchung Product. — Doppelte Wahlverwandtſchaft (affinitas electiva duplex) findet ſtatt, wenn die Verbindung zweier Körper mit der Verbindung zweier anderen Körper in Berührung kommt, die Beſtandtheile der erſten Verbindung zu denen der zweiten eine nähere Verwandtſchaft haben, als die bereits verbundenen Stoffe zu einander, und daher beide beſtehende Verbindungen aufgelöſt werden, dagegen der eine Beſtandtheil der erſten Verbindung mit dem einen Beſtandtheil der zweiten Verbindung und eben ſo der andere Beſtandtheil der erſten Verbindung mit dem andern Beſtandtheil der anderen Verbindung ſich verbindet. Es ſei a + b die eine Miſchung, c + d die andere, hat nun a zu d und b zu c nähere Verwandtſchaft als a zu b und c zu d, ſo bilden ſich zwei Miſchungen a + d und b + c. — Bei der Wahlverwandtſchaft iſt im Allgemeinen zu bemerken, daß die neu hinzugekommenen Stoffe ſich mit den vorhandenen von entgegengeſetzter Qualität verbinden, und diejenigen ausſcheiden, welche zu einer Klaſſe mit ihnen gehören. Säuren werden alſo durch Säuren ausgeſchieden, und Baſen durch Baſen, Säuren verbinden ſich mit Baſen, Baſen mit Säuren. — Bei der doppelten Wahlverwandtſchaft kommen zwei Klaſſen von Affinitäten ins Spiel, nämlich ruhende (der bereits beſtehenden Verbindungen) und zerlegende. Es kann der Fall eintreten, daß mehre kleinere Affinitäten zuſammen eine größere überwiegen.*) — Prädisponirend nennt man bei der einfachen und doppelten Wahlverwandtſchaft die Verwandtſchaft eines Körpers zu einer Verbindung, die ſich erſt auf Koſten einer ſchon vorhandenen Verbindung bilden muß, ſo daß letztere aufgehoben wird. Hierbei entſcheidet ebenfalls die Summe der möglichen Affinitäten für den Erfolg.**) — Zuweilen bildet

*) Hat man z. B. kohlenſaures Kali und ſchwefelſauren Baryt, und bezeichnet man die möglichen Verwandtſchaften mit Zahlen:

z. B. die Affinität der Kohlenſäure zu	Kali	ſei bei 80° R.	= 9
— — — —	— Baryt	— —	= 14
— — — Schwefelſäure zu	Kali	— —	= 62
— — — —	— Baryt	— —	= 66

ſo iſt 14 + 62 = 76 mehr als 9 + 66 = 75, und es erfolgt mithin Zerlegung, obſchon die Affinität der Schwefelſäure zum Baryt größer als alle übrigen ins Spiel kommenden Affinitäten iſt.

**) Z. B. kohlenſaures Natron werde mit Phosphor erhitzt, ſo wird die Kohlenſäure zerlegt. Der Sauerſtoff derſelben tritt an den Phosphor, bildet Phosphorſäure, welche mit dem Natron zu phosphorſaurem Natron ſich

ſich bei der Berührung zweier aus zwei Beſtandtheilen zuſammengeſetzter Körper, nur Ein neues aus zwei Beſtandtheilen zuſammengeſetztes Product, während die beiden übrigen Beſtandtheile unvereinigt ausgeſchieden werden. — Wenn ein einzelner Stoff zu einer Verbindung von drei anderen kommt, ſo verbindet er ſich entweder mit einem Beſtandtheile, und die beiden anderen Beſtandtheile werden nun vereinigt ausgeſchieden, oder es entſtehen zwei Verbindungen, von denen jede aus zwei Beſtandtheilen beſteht, oder endlich es entſteht eine neue Verbindung aus drei Stoffen und ein Stoff ſcheidet ſich aus. — Noch verwickelter werden die Erfolge, wenn mehr als 4 Stoffe in Miſchung kommen. Zu leichterer Ueberſicht muß man in dieſem Falle zuweilen zuſammengeſetzte als einfache betrachten (wenn keine Zerſetzung derſelben erfolgt), oder auch wohl einen Stoff doppelt nehmen. — Vielfache Wahlverwandtſchaft (affinitas electiva multiplex) findet dann ſtatt, wenn bei mehr als 5 Stoffen, die in Miſchung kommen, je 2 und 2 ſich verbinden. So z. B. bilden ſalpeterſaures Queckſilberoxydul und Kochſalzauflöſung: Mercurius dulcis, kubiſchen Salpeter und Waſſer. — Die Erfolge der Wahlverwandtſchaft hängen nicht ſelten von der Temperatur ab, weil die Verwandtſchaft zum Theil durch die Wärme bedingt wird. Durch Wärmeveränderung können häufig die Affinitätsgrößen geändert werden, ſo daß ein umgekehrter Erfolg eintritt. Hierbei treten die wechſelſeitigen Verwandtſchaften (affinitates reciprocae) auf. So z. B. zerlegt die Schwefelſäure zum Theil den in Waſſer gelöſten Weinſtein in der Kochhitze und bildet ſchwefelſaures Kali; bei gewöhnlicher Temperatur zerlegt aber die Weinſäure das in Waſſer gelöſte ſchwefelſaure Kali, und bildet Weinſtein. — Aus der Verwandtſchaftslehre ergibt ſich die Verſchiedenheit der Affinitätsgrößen. Bis jetzt hat man noch nicht vermocht im Vergleich mit den übrigen phyſiſchen Kräften die abſolute Affinitätsgröße zu beſtimmen. Dagegen pflegt man die relative Affinitätsgröße ſo zu beſtimmen, daß man unterſucht, welche Verbindungen eines Körpers in einfacher Wahlverwandtſchaft durch einen anderen Körper getrennt werden. Die größte Verwandtſchaft hat der Körper zu einem andern, welcher, um ſich mit dieſem zu vereinigen, alle übrigen etwa beſtehenden Verbindungen deſſelben aufhebt, ſobald er mit ihm in Miſchung kommt.*)

---

verbindet, und Kohle wird ausgeſchieden. Hier iſt alſo die größere Affinität des Natrons zur Phosphorſäure, welche ſich erſt auf Koſten der Kohlenſäure bilden muß, die Urſache der Zerlegung, und da dieſe erfolgt, obgleich die Kohle in der Glühhitze eine größere Affinität zum Sauerſtoff hat, als Phosphor, ſo muß die Summe der Verwandtſchaft des Natrons zur Phosphorſäure, die ſich erſt bildet, + des Phosphors zum Sauerſtoff in der Glühhitze größer ſein, als die Verwandtſchaft des Natrons zur Kohlenſäure + der Verwandtſchaft des Kohlenſtoffs zum Sauerſtoff in der Glühhitze.

*) a ſei verbindbar mit b, c, d, e, f, die Verbindung a + b werde durch c,

Man kann die relativen Affinitätsgrößen mit Zahlen bezeichnen, die ſich aus den Erfolgen der doppelten Wahlverwandtſchaft zum Theil berechnen laſſen. Guyton Morveau berechnete hiernach einige Säuren und Baſen: Die Affinitätsgröße der Schwefelſäure

zu Baryt erhält ſo die Zahl	56
— Kali — — —	62
— Natron — — —	58
— Kalk — — —	54
— Magneſia — — —	50.

Da die Salpeterſäure geringere Affinität zu den Baſen hat, als die Schwefelſäure, ſo müſſen auch die Zahlen ihrer Affinitätsgrößen kleiner ſein; auch folgen ſich die Baſen in anderer Ordnung, und man erhält ungefähr folgende Zahlen: Für die Affinität der Salpeterſäure

zu Kali	62
— Natron	58
— Baryt	50
— Kalk	44
— Magneſia	40.

Salzſäure, Eſſigſäure und Kohlenſäure erhalten nach ihrer Affinität zu den Baſen immer kleinere Zahlen. — Die Affinitätsgrößen ſtehen aber nicht im Verhältniß zu den Mengen, mit denen ſich die Körper gegenſeitig ſättigen: denn 76 Theile Baryt nehmen auf

40	Schwefelſäure
54	Salpeterſäure
37	Salzſäure
51	Eſſigſäure
22	Kohlenſäure.

die Verbindung a + c durch d und die Verbindung a + d durch e, a + e aber durch f zerlegt; ſo hat f die größte Affinität zu a. Hierauf folgt e, dann d, c, b; alſo hat b die geringſte Affinität zu a. Oder Schwefelſäure ſei verbindbar mit Kupferoxyd, Zinkoxyd, Magneſia, Kalk, Natron, Kali, Baryt. Es zerlege das Zinkoxyd das ſchwefelſaure Kupferoxyd, ſchwefelſaures Zinkoxyd werde durch Magneſia, ſchwefelſaure Magneſia durch Kalk, ſchwefelſaurer Kalk durch Natron, ſchwefelſaures Natron durch Kali, ſchwefelſaures Kali endlich durch Baryt zerlegt: ſo iſt die Affinität des Baryts zur Schwefelſäure am größten, dann folgt Kali, Natron, Kalk, Magneſia, Zinkoxyd und zuletzt Kupferoxyd, welches alſo unter dieſen Körpern die geringſte Affinität zur Schwefelſäure hat. — Ferner: Kali verbinde ſich mit Kohlenſäure, Eſſigſäure, Salzſäure, Salpeterſäure und Schwefelſäure, Eſſigſäure zerlege das kohlenſaure Kali, Salzſäure das eſſigſaure, Salpeterſäure das ſalzſaure, Schwefelſäure das ſalpeterſaure Kali; ſo hat wieder Schefelſäure die größte Affinität zu Kali; dann folgen Salpeter-, Salz-, Eſſig- und Kohlenſäure.

Noch gelten als Geſetze für die Affinitätsgrößen: 1) Verbindet ſich a mit b in mehrfachen Verhältniſſen, ſo hält es die geringſte Menge von b mit der größten Affinität, die 2te, 3te u. ſ. w. mit immer ſchwächerer Affinität an ſich. Z. B. Mangan verbindet ſich in ſechs Verhältniſſen mit Sauerſtoff. Die geringſte Menge, im Oxydul, kann durch Hitze nicht und nur ſchwierig durch Reductionsmittel entzogen werden. Es zieht ſelbſt noch Sauerſtoff an der Luft an, verbrennt. Die zweitgeringſte, im Oxyd, kann auch nicht durch Hitze entzogen werden. Doch zieht dieſes Oxyd keinen Sauerſtoff aus der Luft an. Die 3te Menge im Hyperoxydul kann durch Weißglühhitze, die 4te im Hyperoxyd durch Rothglühhitze, die 5te in der manganichten Säure und die 6te in der Mangansäure ſchon durch Entziehung des Waſſers, ſo wie durch ſehr viele desoxydirende Subſtanzen leicht abgeſchieden werden. — 2) Die einfachen Körper haben in der Regel die ſtärkſten und mannichfaltigſten Affinitäten, mit der Zuſammengeſetztheit derſelben nimmt ihre Affinität ab, und hört endlich ganz auf. — 3) Einfache Stoffe äußern gegen einfache, und zuſammengeſetzte Körper gegen zuſammengeſetzte vorzugsweiſe die ſtärkſten Affinitäten. — 4) Je entgegengeſetzter ſich die Stoffe in ihren Qualitäten verhalten (unter Berückſichtigung von 3), um ſo ſtärker iſt in der Regel ihre Verwandtſchaft. — Die ſtärkſten Baſen haben zu den ſtärkſten Säuren die größte Affinität.

Berthollet ſah in der Affinität dieſelbe Kraft, welche auch in der Schwere, der Cohäſion und der Adhäſion auftritt, und nahm nur an, daß dieſe Kraft in der Verwandtſchaft zwiſchen den kleinſten Theilen der Körper wirkſam auftrete, weßwegen ſie ſich kräftiger äußere. Er hielt die Affinität daher auch für abhängig von dem mehr oder weniger freien Wirken der erwähnten und anderer phyſiſchen Kräfte. Seine Verwandtſchaftslehre gewährt eine leichte Erklärung mancher unregelmäßigen Erſcheinungen, und hat früher großen Anhang gefunden. Dieſelbe iſt in gedrängter Ueberſicht folgende.

Sämmtliche Körper, ſowohl die einfachen als die zuſammengeſetzten, haben gegen alle übrigen Körper Verwandtſchaft, nur durch den Einfluß fremder Kräfte kommt in gewiſſen Fällen die Verbindung nicht zu Stande. Die Körper können ſich in allen Verhältniſſen vereinigen. Es gibt keine Sprünge in der Affinität, welche durch Quantitäten beſtimmt ſind. Die Verwandtſchaft der Körper wächſt ſtetig mit ihrer Menge, und es kann eine ſtarke Verwandtſchaft durch eine ſchwache überwogen werden, wenn die Verbindung zweier ſtark verwandten Stoffe mit einer hinreichenden Menge eines dritten in Berührung kommt, welcher eine ſchwächere Affinität zu einem Beſtandtheil der Miſchung hat, als dieſe unter ſich. — Die Kraft, womit ein Körper im Verhältniß ſeiner Affinität und Menge wirkt, iſt das Product der Affinität in die Gewichtsmenge, welches Berthollet die chemiſche Maſſe — Fiſcher und Hildebrand das chemiſche Moment nennen. — Es gibt keine Scheidung im Sinne der Wahlverwandtſchaft. Wirkt ein dritter Stoff auf die Verbindung zweier, ſo kann er dieſe nicht trennen, nur ſchwächen, indem er ſich mit einem von beiden vereinigen will, theilen ſich

deſſen Ziehkräfte im Verhältniß der chemiſchen Maſſen beider einwirkenden Stoffe. Der Körper, welcher den Ziehkräften beider folgt, heißt die Unterlage. Erfolgt aber eine wirkliche Trennung, ſo ſind fremde Kräfte die Urſache. — Die ſogenannten fremden Kräfte ſind: 1) Cohäſion; hierunter verſteht **Berthollet** das Streben der Körper zum Feſtwerden, ſie äußert ſich bald als Unauflöslichkeit, bald als Schwerlöslichkeit oder als Kryſtalliſationskraft, und bewirkt bei ihrem Vorherrſchen häufig den Erfolg chemiſcher Affinität. — Tritt bei dem angeführten Falle, wo ein dritter Körper auf die Verbindung zweier wirkt, zugleich die Cohäſionskraft, z. B. als Unauflöslichkeit ein, ſo kann ſich die Unterlage nicht im Verhältniß der einwirkenden chemiſchen Maſſen theilen, ſondern die Cohäſion wirkt als eine neue Kraft mit ein, und entzieht durch das Feſtwerden das Product, oder wenn die, wegen Einwirkung des dritten Stoffes, geſchwächte frühere Verbindung die Cohäſion eines Beſtandtheils freier wirken läßt, das Educt, der Reaction der Unterlage. (Schwefelſäure bildet mit eſſigſaurem Bleioxyd ein unauflösliches Product — Schwefelſaures Bleioxyd. — Kali veranlaßt in einer Löſung von eſſigſaurem Bleioxyd ein unauflösliches Educt — Bleioxyd). — Werden zwei oder mehre zuſammengeſetzte Körper in gelöſtem Zuſtande vermiſcht, ſo bilden ſich die möglichen unauflöslichen Verbindungen jederzeit vorzugsweiſe. Aehnlich verhalten ſich die Körper bei der Kryſtalliſation, die ſchwerlöslichen Verbindungen erzeugen ſich immer, und ſcheiden ſich zuerſt aus. Man kann daher beim Vermiſchen mehrer Körper in der Regel voraus beſtimmen, welche Verbindungen und Zerlegungen erfolgen, wenn man die dabei vorwaltende Cohäſion kennt. — 2) Ausdehnſamkeit (von **Berthollet** Elaſticität genannt). Dieſe wirkt in entgegengeſetzter Richtung, und beſtimmt bei ihrem Vorherrſchen auf ähnliche Weiſe die Erfolge der Affinität. — Bei der Verbindung zweier Körper, von denen einer Tendenz zur Dampf- oder Gas-Form hat, wird durch einen dritten, mit dem fixeren Stoffe verwandten Körper die Verbindung geſchwächt. Die ausdehnende Kraft wirkt freier, führt den Körper in die Gasform über, und entzieht ihn ſo der Einwirkung der Unterlage. (Kohlenſaure Verbindungen werden durch die meiſten Säuren zerlegt). — Da die Wärme die Cohäſion vermindert, die Ausdehnſamkeit aber erhöht, ſo laſſen ſich die Erfolge der Affinität bei verſchiedenen Temperaturen meiſtens voraus beſtimmen. Es werden nämlich bei niedrigen Temperaturen Miſchungen und Scheidungen vorzüglich nach vorwaltender Cohäſion, bei höherer Temperatur nach vorwaltender Ausdehnſamkeit erfolgen. — Die Umdrehungen der Affinitätserfolge bei denſelben Körpern ſind hiernach erklärlich.*) — Die Unauflöslichkeit, Affinitätsgrößen, Mengen u. ſ. w.

---

*) Wird z. B. Weinſtein in kochendem Waſſer gelöſt, und Schwefelſäure zugeſetzt, ſo entzieht dieſe, wegen ſtarker Affinität zum Kali, einen Theil deſſelben dem Weinſtein, und ſcheidet ſich noch vor dem völligen Erkalten als ſchwefelſaures Kali in kryſtalliniſcher Form aus. Kommt aber Weinſäure zu einer kalten Löſung von ſchwefelſaurem Kali, ſo bildet ſich in dieſer nie-

ſind hierbei mit in Anſchlag zu bringen.*) — Zuſammengeſetzte Verwandtſchaft nennt Berthollet die doppelte Wahlverwandtſchaft, und abgeleitete Verwandtſchaft iſt ihm die Affinität zuſammengeſetzter Körper. Er leitet ihre gegenſeitige Affinität von der Affinität ihrer Beſtandtheile ab. — Die abgeleitete Verwandtſchaft muß geringer als die urſprüngliche ſein, weil die zuſammengeſetzten Körper bei ihrer Verbindung ſchon einen Grad der Sättigung (Ausgleichung) erlitten haben.**) — Nach Berthollet tritt Sättigung ein, wenn die Körper gleichförmig gemiſcht ſind; das Menge-Verhältniß derſelben mag ſein, welches es will. — 1 Theil iſt ſo gut mit 1000 Theilen geſättigt, wie mit 1 Theil, wenn alles gleichförmig gemiſcht iſt. — Treten hierbei beſtimmte Qualitätsveränderungen ein, ſo ſind dieſes Grade der Sättigung. Die Neutralität z. B. iſt ein Grad der Sättigung.***) —

Die Berthollet'ſche Verwandtſchaftslehre läßt ſich nur mit Hilfe vieler Hypotheſen zu Erklärung aller chemiſchen Erſcheinungen anwen-

---

drigen Temperatur, wegen vorwaltender Cohäſion, Weinſtein. — Setzt man zu chlorhaltiger Salpeterſäure ſalpeterſaures Bleioxyd, ſo entſteht bei gewöhnlicher Temperatur ſchwerlösliches Chlorblei. Erhitzt man das Gemenge, ſo löſt ſich das Chlorblei als ſalzſaures Bleioxyd, welches durch die Salpeterſäure zerlegt wird. Bei der Deſtillation geht wieder chlorhaltige Salpeterſäure über, und der Rückſtand iſt ſalpeterſaures Bleioxyd. — Die mit ſchwacher Affinität aber vorherrſchender Cohäſion begabte Boraxſäure wird in der Kälte durch die meiſten Säuren in feſter Form ausgeſchieden. In der Glühhitze aber zerlegt ſie ſelbſt ſchwefelſaure Salze, weil Schwefelſäure flüchtig, trockne Boraxſäure aber nicht flüchtig iſt. Die Efflorescenz wirkt der Cohäſion und Ausdehnſamkeit ähnlich.

*) So zerlegt nach Buchner und Schmidt die Eſſigſäure zum Theil den ſalzſauren Kalk in der Hitze. Salzſäure im Ueberſchuß zerlegt ſchwefelſaures Natron partiell.

**) So wäre die Affinität der Schwefelſäure zum Waſſer ableitbar von den Affinitäten des Sauerſtoffs und Schwefels zum Waſſer. Die urſprünglichen Affinitäten können ſich aber wegen der ausdehnſamen und feſten Form der Beſtandtheile nicht bedeutend äußern; während ſie ſich in der tropfbarflüſſigen Schwefelſäure, wegen den kleinern Raum, den ihre Maſſe einnimmt, und der Beweglichkeit ihrer Theilchen, ſehr ſtark äußert. — Die Aeußerung der Affinität hängt alſo auch von der Form der Körper mit ab. Aber die feſte waſſerleere Schwefelſäure hat die ſtärkſte Affinität zum Waſſer! —

***) Weitere Belehrung über Berthollets Anſichten gibt deſſen essai de statique chimique, Paris 1803. Auch überſetzt von Fiſcher, Berlin 1811, und deſſen recherches sur les lois de l'affinité. Paris 1811. — Das Obenſtehende und Nachfolgende nach Geigers Pharmacie Bd. 1.

den, und hat ſich dadurch als mangelhaft erwieſen. Die Annahme, daß die Affinität ſtetig wirke und mit der Menge in Verhältniß ſtehe, läßt ſich nicht durchführen. Nur bei den loſen chemiſchen Verbindungen, den Gemengen (ſ. d. Art. Löſungen), gehen zuweilen die Stoffe in allen Verhältniſſen zuſammen. Die eigentlichen feſten chemiſchen Verbindungen, bei denen außer der Formumänderung Veränderung der Qualität eintritt, gehen nur in gewiſſen Mengenverhältniſſen vor ſich. Gibt es mehre ſolche Verhältniſſe, in denen ein Körper mit einem andern ſich verbindet, ſo ſtehen die neuen Mengen mit den vorhergehenden in Proportion, und falls etwas mehr oder weniger vorhanden iſt, bleibt es außer Verbindung. Dieſe wichtige Entdeckung iſt es, welche die Lehre von den chemiſchen Proportionen oder Stöchiometrie (v. d. griech. στοιχεῖον Beſtandtheil, Grundſtoff) begründet. Dieſe Lehre iſt zuerſt von Richter zu Ende des vorigen Jahrhunderts ausgebildet worden, nachdem ſchon füher Wenzel auf die merkwürdige Erſcheinung aufmerkſam gemacht hatte, daß, wenn bei der doppelten Wahlverwandtſchaft 2 Neutralſalze ihre Baſen und Säuren verwechſeln, die neuentſtandenen Salze ebenfalls neutral ſind. Man erkannte die Richterſchen Entdeckungen nicht alsbald an, und erſt in neuerer Zeit haben ſie allgemeine Anerkennung und Beſtätigung gefunden. Richter beſtätigte das von Wenzel aufgefundene wichtige Geſetz der Neutralitäts-Reihen durch viele Verſuche, und dehnte daſſelbe auch auf die Metallſalze aus. Er ſprach es auf folgende allgemeine Weiſe aus: Verwechſeln zwei Neutralſalze ihre Baſen und Säuren, ſo ſind die neuentſtandenen Salze ebenfalls neutral. Daraus folgt, daß die Säuren mit den Baſen ein beſtändiges gleichförmiges Verhältniß beobachten, welches für alle Säuren gilt. Das Nämliche gilt umgekehrt von den Baſen gegen die Säuren. Es werden daher die Quantitäten zweier oder mehrer Baſen, welche erforderlich ſind, um gleiche Theile irgend einer Säure zu ſättigen, ſich eben ſo gegeneinander verhalten, als die Quantitäten dieſer Baſen, um gleiche Theile jeder andern Säure zu ſättigen. Daſſelbe gilt von Säuren zu den Baſen z. B.

2,75 Kohlenſ. neutraliſiren	3,5	Kalk,
	4	Natron,
	6	Kali,
	9,5	Baryt,
	14	Bleioxyd,
	14,5	Silberoxyd.

Oder 3,5 Kalk neutraliſiren	2,75	Kohlenſäure,
	3,375	Blauſäure,
	4,5	Kleeſäure,
	4,625	Salzſäure,
	5	Schwefelſäure,
	6,75	Salpeterſäure.

Man ſieht aus dieſen Tabellen, daß zwar jede Säure und jede Baſe eine andere Zahl hat, allein das Verhältniß bleibt für jede Säure und Baſe daſſelbe. 6 Kali, 9,5 Baryt u. ſ. w. ſättigen dieſelben Mengen Säuren als 3,5 Kalk; oder 4,5 Kleeſäure, 5 Schwefelſäure u. ſ. w. ſättigen dieſelben Mengen Baſen, wie 2,75 Kohlenſäure. — Man kann daher beide Tabellen in Eine zuſammenziehen. Nämlich:

2,75	Kohlenſäure	3,5	Kalk
3,375	Blauſäure	4	Natron
4,5	Kleeſäure	6	Kali
4,625	Salzſäure	9,5	Baryt
5	Schwefelſäure	14	Bleioxyd
6,75	Salpeterſäure	14,5	Silberoxyd.

Hier bleiben die Reihen gegenſeitig für die angegebenen Mengen Säuren und Baſen gleich. Richter nannte dieſe Reihen Maſſenreihen. — Kennt man daher das Neutralitäts-Verhältniß dreier Salze, ſo läßt ſich das vierte, welches aus den Beſtandtheilen gebildet werden kann, durch Rechnung finden. — Man ſuche z. B. das Neutralitätsverhältniß des ſchwefelſauren Kalis. Weiß man nun, daß 4,625 Salzſäure 9,5 Baryt ſättigen, ferner, daß dieſelbe Menge Salzſäure 6 Kali neutraliſiren, und die angeführte Menge Baryt 5 Schwefelſäure zur Sättigung erfordern, ſo müſſen auch 5 Schwefelſäure 6 Kali neutraliſiren. — Aus dieſer Tabelle erſieht man ferner ſogleich, wie viel von einem Salze muß genommen werden, um die gegebene Quantität eines andern durch doppelte Wahlverwandtſchaft zu zerlegen.*)

Berzelius namentlich hat durch die zahlreichſten und genaueſten Verſuche die Lehre, daß die feſtern chemiſchen Verbindungen nach beſtimmten Verhältniſſen geſchehen, auf unbezweifelte Weiſe dargethan. Derſelbe beſtätigte auch die von Dalton gemachte Entdeckung, daß wenn ſich zwei Körper in mehrfachen Verhältniſſen zu innigen chemiſchen Gemiſchen verbinden, ſie dabei eine arithmetiſche Reihe befolgen. Es ergeben ſich hieraus folgende ſtöchiometriſche Geſetze: 1) Vereinigen ſich zwei Kör-

*) Man will z. B. 11 Theile ſchwefelſaures Kali mit ſalzſaurem Baryt (der hier ohne Kryſtalliſations-Waſſer angenommen wird) zerlegen, ſo ſind wieder 9,5 Baryt nöthig, um 5 Schwefelſäure, die in 11 Theilen ſchwefelſaurem Kali enthalten ſind, zu ſättigen; dieſelbe Menge Baryt bedarf aber 4,625 Salzſäure zur Neutraliſation: alſo ſind 9,5 + 4,625 = 14,125 ſalzſaurer Baryt nöthig, um 11 Theile ſchwefelſaures Kali vollſtändig zu zerlegen. — Das quantitative Verhältniß der Beſtandtheile war vor der Zerlegung 4,625 Salzſäure + 9,5 Baryt = 14,125 ſalzſaurer Baryt, und 5 Schwefelſäure + 6 Kali = 11 ſchwefelſaures Kali. Es betrugen alſo die Beſtandtheile der Salze vor der Zerlegung 25,125. Nach der Zerlegung bildeten ſich aus 5 Schwefelſäure + 9,5 Baryt, 14,5 ſchwefelſaurer Baryt und 4,625 Salzſäure gaben mit 6 Kali 10,625 ſalzſaures Kali. Die Summe der Beſtandtheile war alſo nach der Zerlegung wieder 25,125.

per in mehrfachen Verhältniſſen zu innigen chemiſchen Gemiſchen (wobei chemiſche Qualitätsveränderung ſtattfindet), ſo ſind die Quantitäten des einen Körpers, die mit der Verbindung nach der kleinſten Menge aufs Neue in Miſchung treten, ein Multiplum in ganzen Zahlen (zuweilen auch ein Submultiplum) von der geringſten Menge deſſelben Körpers.*) — 2) Die Quantitäten, in denen ſich ein Körper mit einem andern nach der geringſten Menge verbindet, müſſen in der Regel der gemeinſame Diviſor aller Quantitäten ſein, womit ſich derſelbe Körper in größern Mengenverhältniſſen mit dem andern vereinigt.**) — Um eine leichte Ueberſicht der Mengenverhältniſſe zu erhalten, in denen ſich die Körper vereinigen, nimmt man einen Stoff als Einheit an, und berechnet die übrigen Gewichte nach den angeführten Geſetzen. — Entweder wird der Waſſerſtoff als Einheit angenommen, weil er mit dem kleinſten Gewichte in Miſchung tritt, oder der Sauerſtoff, weil dieſer die mannigfaltigſte Affinität zeigt. Das relative Gewicht, womit ſich die Körper gegenſeitig nach ihren geringſten Mengen vereinigen, heißt: das chemiſche Gewicht, Miſchungsgewicht, die Verhältnißzahl, das chemiſche Aequivalent, Atomen-Gewicht. — Z. B. wenn Waſſerſtoff = 1 angenommen wird, und man findet, daß ſich 8 Gewichtstheile Sauerſtoff mit 1 Gewichtstheil Waſſerſtoff vereinigen müſſen, um Waſſer zu bilden, ſo iſt das Miſchungsgewicht des Sauerſtoffs = 8; denn weniger als 8 Sauerſtoffe können ſich nicht mit einem ganzen Gewichtstheil Waſſerſtoff verbinden. Die Erfahrung lehrt ferner, daß 16 Theile Schwefel und 36 Theile Chlor nöthig ſind, um 1 Theil Waſſerſtoff zu binden, zur Erzeugung der Hydrothionſäure und Salzſäure; das Miſchungsgewicht von Schwefel iſt alſo 16, und das M. G. von Chlor 36. — Das M. G. des Sauerſtoffs fanden wir = 8; verbinden ſich nun 8 Theile Sauerſtoff mit 104 Blei, um die niedrigſte ſalzfähige Oxydationsſtufe des Bleis zu bilden,

---

*) Verbindet ſich a mit b in mehren Verhältniſſen, ſo verbindet ſich 1 a mit 1 b, (mit $1\frac{1}{2}$ b) mit 2 b (mit $2\frac{1}{2}$ b) mit 3 b, 4 b, 5 b, 6 b u. ſ. w. Schwefel verbindet ſich mit Sauerſtoff in mehren Verhältniſſen. Es verbinden ſich nämlich 16 Th. Schwefel mit 8 Gewichtstheilen Sauerſtoff zu Schwefeloxyd (hypoſchwefelichter Säure), mit 2 . 8 = 16 Sauerſtoff zu ſchwefelichter Säure, mit $2\frac{1}{2}$. 8 = 20 Sauerſtoff zu Hypoſchwefelſäure, mit 3 . 8 = 24 Sauerſtoff zu Schwefelſäure. Eben ſo vereinigen ſich 14 Stickſtoff mit 8 Sauerſtoff zu oxydulirtem Stickgas, mit 2 . 8 = 16 Sauerſtoff zu Stickoxyd oder Salpetergas, mit 3 . 8 = 24 zu unterſalpeterichter Säure, mit 4 . 8 = 32 zu ſalpeterichter Säure, mit 5 . 8 = 40 zu Salpeterſäure. — Zwiſchen dieſen Abſtufungen findet keine Verbindung des Schwefels oder Stickſtoffs mit Sauerſtoff ſtatt.

**) Die vorigen Beiſpiele dienen zugleich zur Erläuterung dieſes Satzes, denn es iſt bei dem letzten Beiſpiel für Stick- und Sauerſtoff 8 der Diviſor für 40, 32, 24 und 16.

ſo erhalten wir die Zahl 104 für das M. G. des Bleis u. ſ. w. — Bei Scheidungen müſſen immer eine gleiche Zahl Miſchungsgewichte des hinzukommenden Stoffes an die Stelle des ausgeſchiedenen treten. — Sind 104 Blei mit 8 Sauerſtoff verbunden, und es ſoll an die Stelle des Sauerſtoffs Schwefel treten, ſo müſſen 16 Theile Schwefel hinzu kommen. — Soll Chlor an die Stelle von 8 Sauerſtoff kommen, ſo ſind 36 Theile hierzu erforderlich. — Sind 2, 3 u. ſ. w. Miſchungsgewichte eines Stoffes mit einem Miſchungsgewicht eines andern verbunden, ſo müſſen, um dieſe 2, 3 u. ſ. w. Miſchungsgewichte zu entfernen, eben ſo viele Miſchungsgewichte des neuen Stoffes an deſſen Stelle treten; z. B. in 216 Theilen Queckſilberoxyd ſind 2 . 8 = 16 Sauerſtoff enthalten, ſoll an deſſen Stelle Schwefel treten, ſo müſſen 2 . 16 = 32 Theile kommen. Von Chlor müſſen 2 . 36 = 72 hinzukommen. — Dieſe Sätze ſind durch die Erfahrung vollkommen beſtätigt. Es beſtehen wirklich 112 Theile Bleioxyd aus 104 Metall und 8 Sauerſtoff; 120 Schwefelblei enthalten 16 Schwefel, und 140 Chlorblei 36 Chlor. Ferner beſteht der Zinnober aus 200 Queckſilber + 32 Schwefel, und der ätzende Queckſilberſublimat enthält in 272 Theilen 72 Chlor. — Auf dieſe Weiſe hat man das Miſchungsgewicht der meiſten einfachen Körper aufgefunden. — Will man Sauerſtoff als Einheit annehmen, ſo darf man die obigen Gewichte nur durch 8 dividiren. So wäre das M. G. des Waſſerſtoffs = 0,125, Sauerſtoff = 1, Schwefel = 2, Chlor = 4,5, Blei = 13. — Folgende Tabelle enthält die Miſchungsgewichte aller einfachen Stoffe, ſo weit ſie bekannt ſind, nach ihren Zahlengrößen, mit den kleinſten anfangend, geordnet.

Tabelle der Miſchungsgewichte einfacher Stoffe.

	Miſchungsgewicht des Waſſerſtoffs = 1.	Miſchungsgewicht des Sauerſtoffs = 1.
Waſſerſtoff	1	0,125
Kohlenſtoff	6	0,750
Sauerſtoff	8	1,000
Silicium	8	1,000
Lithium	8	1,000
Alumium	9	1,125
Magnium	12	1,500
Stickſtoff	14	1,750
Schwefel	16	2,000
Phosphor	16	2,000
Fluor	18	2,250
Glycium	18	2,250
Boron	20	2,500
Calcium	20	2,500
Zirkonium	22	2,750
Natrium	24	3,000
Chrom	28	3,500
Eiſen	28	3,500
Mangan	28	3 500
Kobalt	30	3,750

	Miſchungsgewicht des Waſſerſtoffs = 1.	Miſchungsgewicht des Sauerſtoffs = 1.
Nickel	30	3,750
Tellur	32	4,000
Zink	32	4,000
Yttrium	32	4,000
Vanadin	34	4,250
Chlor	36	4,500
Kalium	40	5,000
Selen	40	5,000
Strontium	44	5,500
Antimon	44	5,500
Cerium	46	5,750
Titan	48	6,000
Molybdän	48	6,000
Arſenik	48	6,000
Platin	50	6,250
Iridium	50	6,250
Palladium	54	6,750
Cadmium	56	7,000
Zinn	60	7,500
Thorium	60	7,500
Kupfer	64	8,000
Gold	66	8,250
Baryum	68	8,500
Wismuth	70	8,750
Brom	80	10,000
Scheel	96	12,000
Blei	104	13,000
Rhodium	104	13,000
Silber	108	13,500
Jod	125	15,625
Tantal	184	23,000
Queckſilber	200	25,000
Osmium	200	25,000
Uran	217	27,125

Eine Tabelle der Miſchungsgewichte einfacher Stoffe nach Berzelius iſt im Art. Einfache Stoffe S. 27. mitgetheilt. Vergleicht man dieſe Tabelle mit der hier gegebenen, ſo fällt zunächſt in die Augen, daß Berzelius den Sauerſtoff = 100 annimmt. Derſelbe weicht aber noch in mehren einzelnen Beſtimmungen ab. So nimmt er z. B. an, daß das Waſſer aus 1 M. G. Sauerſtoff und 2 M. G. Waſſerſtoff beſtehe; die Zahl des Sauerſtoffes iſt daher bei ihm noch einmal ſo groß als in der vorſtehenden Tabelle und mit ihm die Zahl der meiſten übrigen Stoffe, wenn Waſſerſtoff = 1 angenommen wird.*)

*) Um bei den chemiſchen Verbindungen Bruchtheile der Miſchungsgewichte zu vermeiden, nimmt Berzelius ferner ſogenannte Doppelatome an. So iſt z. B. das Doppelatom des Phoſphors = 392,310 (62,872 Waſſerſtoff = 1), welches als phoſphorichte Säure 3 Miſchungsgewichte Sauerſtoff = 300 (oder 48, Waſſerſtoff als 1), als Phoſphorſäure aber 5 Miſchungsge-

Die obige Tabelle zeigt im Ueberblick ſogleich, in welchem Verhältniß ſich alle einfachen Körper nach ihren gegenſeitigen geringſten Mengen verbinden. So vereinigen ſich z. B. 8 Sauerſtoff mit 8 Silicium zu 16 Kieſelerde, mit 12 Maginum zu 20 Magneſia, mit 20 Calcium zu 28 Kalk, mit 40 Kalium zu 48 Kali, mit 108 Silber zu 116 Silberoxyd u. ſ. w., anſtatt 8 Sauerſtoff müßten dieſelben Mengen der angeführten Körper ſtets 36 Chlor u. ſ. w. aufnehmen.

Das Miſchungsgewicht eines *zuſammengeſetzten* Körpers iſt gleich der Summe der Miſchungsgewichte ſeiner Beſtandtheile. Hiernach läßt ſich das Miſchungsgewicht jedes zuſammengeſetzten Körpers ſogleich berechnen, wenn man genau weiß, welche Verbindungsſtufe einfacher Körper derſelbe iſt. Z. B. Natrium nimmt 1 M. G. Sauerſtoff auf, um Natron zu bilden; dieſes hat alſo, nach der Tabelle, die Zahl 24 + 8 = 32; dieſe neutraliſiren 1 M. G. Schwefelſäure. Schwefel hat die Zahl 16; er nimmt 3 M. G. Sauerſtoff auf, um Schwefelſäure zu bilden, Schwefelſäure hat alſo die Zahl 16 + 3 . 8 = 40; alſo hat ſchwefelſaures Natron die Zahl 32 + 40 = 72; das ſchwefelſaure Natron nimmt noch 10 M. G. Waſſer auf; das Waſſer beſteht aus gleichen M. G. Waſſerſtoff und Sauerſtoff, d. i. 1 + 8 = 9; dieſes 10mal genommen, gibt 90 Kryſtalliſationswaſſer. Das kryſtalliſirte ſchwefelſaure Natron hat alſo die Zahl 72 + 90 = 162 als Miſchungsgewicht. Wollte man dieſe Menge zerlegen, z. B. durch doppelte Wahlverwandtſchaft mit kohlenſaurem Kali, ſo muß wieder ein Miſchungsgewicht kohlenſaures Kali zur vollſtändigen Zerlegung genommen werden. Dieſes findet man wieder nach der Tabelle; Kalium = 40 + 8 Sauerſtoff = 48 iſt die Zahl für Kali, welches 1 M. G. Kohlenſäure erfordert, um einfach kohlenſaures Kali zu bilden. Kohle hat die Zahl 6, ſie nimmt 2 M. G. = 2 . 8 Sauerſtoff auf, um Kohlenſäure zu bilden; alſo hat Kohlenſäure die Zahl 22, und einfach kohlenſaures Kali die Zahl 22 + 48 = 70 als Miſchungsgewicht; und es erfordern demnach 162 Theile kryſtalliſirtes ſchwefelſaures Natron 70 Theile trocknes einfach kohlenſaures Kali zur vollſtändigen gegenſeitigen Zerlegung. — Bei Salzen ſteht der Sauerſtoff der Säuren in einfachem Verhältniß mit dem Sauerſtoff der Baſe, und iſt in

---

gewichte = 500 (oder 80, Waſſerſtoff als 1) aufnimmt; während das einfache Atom (Miſchungsgewicht) 1½ und 2½ M. G. Sauerſtoff aufnehmen würde. Das Doppelatom des Schwefels iſt = 402,330 (64,478, Waſſerſtoff = 1), es nimmt als Hypoſchwefelſäure 5 Miſchungsgewichte Sauerſtoff = 500 (oder 80, Waſſerſtoff als 1) auf, während das einfache Atom (Miſchungsgewicht) 2½ aufnähme. Das Doppelatom des Eiſens iſt = 678,426 (108,725, Waſſerſtoff = 1), es nimmt als Oxyd 3 M. G. Sauerſtoff = 300 (oder 48, Waſſerſtoff als 1) auf. Das Doppelatom des Queckſilbers iſt = 2531,644 (405,726, Waſſerſtoff = 1), es nimmt als Oxydul 1 M. G. = 100 (oder 16, Waſſerſtoff als 1) und als Oxyd 2 M. G. = 200 (oder 32, Waſſerſtoff als 1), Sauerſtoff auf u. ſ. w.

der Regel ein Multiplum in ganzen Zahlen von letzterm. So iſt z. B. in allen neutralen (einfach) ſchwefelſauren Salzen der Sauerſtoff der Säure das Dreifache des Sauerſtoffs der Baſe, weil die Schwefelſäure 3 M. G. Sauerſtoff hat; in ſauren (doppelt) ſchwefelſauren Salzen iſt er das 6fache. Bei ſalpeterſauren Salzen iſt er das 5fache des Sauerſtoffs der Baſe; denn die Salpeterſäure hat 5 M. G. Sauerſtoff u. ſ. w. Enthält eine Baſe mehr als ein M. G. Sauerſtoff, ſo muß auch die Menge der Säure in dieſem Verhältniß zunehmen. Z. B. Kupferoxydul enthält 1 M. G. Sauerſtoff, neutrales ſchwefelſaures Kupferoxydul beſteht demnach aus gleichen M. G. Kupferoxydul und Schwefelſäure; das Kupferoxyd enthält aber 2 M. G. Sauerſtoff, es erfordert demnach auch 2 M. G. Säure zur Sättigung und die geſättigte Verbindung beſteht aus 1 M. G. Oxyd und 2 M. G. Säure. Der Sauerſtoff der Säure verhält ſich alſo auch hier in beiden Salzen zum Sauerſtoff der Baſe = 3 : 1. — Man bemerkt bei Anſicht der Tabelle, daß oft mehre Stoffe dieſelben Miſchungsgewichte haben, ferner: daß viele dieſer Zahlen mit anderen in ſehr einfachem Verhältniſſe ſtehen. Z. B. Phosphor und Schwefel haben gleiche Miſchungsgewichte, beide Körper ſind einander ſehr ähnlich, — eben ſo Eiſen und Mangan. — Addirt man das M. G. des Kaliums zu dem M. G. des Lithiums, und dividirt die Summe durch 2, ſo erhält man das M. G. des Natriums, welches auch in ſeinen chemiſchen Eigenſchaften gleichſam zwiſchen beiden ſteht. — Eben ſo gibt die Summe der M. G. des Calciums und Baryums, durch 2 dividirt, das M. G. des Strontiums, welches wieder in ſeinen chemiſchen Eigenſchaften zwiſchen beiden ſteht; in einem gleichen Verhältniſſe ſtehen die Zahlen der M. G. von Chlor, Brom und Jod. Es ſcheint alſo, daß die Miſchungsgewichte mit dem innern Weſen der Körper in genauer Beziehung ſtehen. — Bei feſten Körpern fand **Meineke** einen Zuſammenhang zwiſchen dem M. G., dem ſpecif. Gewichte und der Cohäſion der Körper. — Nimmt man Sauerſtoff als 1 an, ſo iſt das M. G. und das ſpecif. Gewicht, wo Waſſer als 1 genommen wird, bei Körpern von mittlerer Cohärenz faſt gleich. Bei wenig cohärenten Körpern iſt das M. G. größer, und bei ſehr cohärenten kleiner, als das ſpecif. Gewicht. In weit beſtimmterem und ſehr einfachem Verhältniß ſteht aber das Miſchungsgewicht mit dem ſpecif. Gewichte, wenn ſich die Körper in dem ausdehnſamen Zuſtande, in Dampf- oder Gasform, befinden. Nimmt man das Miſchungsgewicht und ſpecif. Gewicht des Waſſerſtoffs = 1 an, ſo iſt das ſpecif. Gewicht der Gas- und Dampfarten entweder das Doppelte, oder das Einfache, oder die Hälfte ihres Miſchungsgewichtes z. B.

Specif. Gewicht des Waſſerſtoffs = 1.		Miſchungsgewicht des Waſſerſtoffs = 1.	
Spec. Gew. des Sauerſtoffs	16	Miſchungsgewicht	8
— — — Waſſerſtoffs	1	— —	1
— — — Stickſtoffs	14	— —	14
— — — ſalzſ. Gaſes	18,5	— —	37
— — — Ammoniakgaſes	8,5	— —	17.

Da die Miſchungsgewichte der Gas- und Dampfarten in ſo einfachen Verhältniſſen zu ihrem ſpecif. Gewichte ſtehen, ſo müſſen ſich die Körper überhaupt in ihrem ausdehnſamen Zuſtande in ſehr einfachen Raumverhältniſſen chemiſch vereinigen, welches Gay-Luſſac zuerſt beobachtete. Sie verbinden ſich auch nur in einem Verhältniß von 1 Maß zu $\frac{1}{2}$ Maß oder zu 1 Maß, ferner zu $1\frac{1}{2}$, 2, $2\frac{1}{2}$, 3, $3\frac{1}{2}$ und 4 Maßen. Z. B. 1 Maß Stickgas verbindet ſich mit $\frac{1}{2}$ Maß Sauerſtoffgas zu Stickoxydul, mit 1 Maß Sauerſtoffgas zu Stickoxyd, mit $1\frac{1}{2}$ Maß zu unterſalpetrichter Säure, mit 2 Maß zu ſalpetrichter Säure, mit $2\frac{1}{2}$ Maß zu Salpeterſäure.

Gewöhnlich gehen bei der chemiſchen Verbindung Veränderungen in der Dichte vor, indem meiſtens Vermehrung der Dichte, oder w. d. Volumensverminderung ſtattfindet. Hierbei zeigen die ausdehnſamen Flüſſigkeiten wieder ein einfaches Verhältniß. Entweder es tritt keine Volumenänderung ein und dann iſt die Dichte der Miſchung genau das Mittel der ſpecif. Gewichte der in Verbindung getretenen Stoffe, (ſo z. B. bilden 1 Maß Waſſerſtoff und 1 Maß Chlor 2 Maß Salzſäure); oder das Volumen wird um $\frac{1}{3}$ vermindert, wenn 1 Maß mit 2 Maß ſich verbindet, (ſo z. B. bildet 1 Maß Sauerſtoff mit 2 Maß Waſſerſtoff 2 Maß Waſſerdampf); oder es wird um $\frac{1}{2}$ vermindert bei Verbindung von gleichen Maßen oder 1 und 3 Maßen, (1 Maß Stickgas und 3 Maß Waſſerſtoffgas bilden 2 Maß Ammoniakgas). Vergl. d. Art. Specifiſches Gewicht. Bei feſten und tropfbar flüſſigen Körpern tritt ebenfalls in der Regel Verdichtung ein, indeß ſcheint das ſpecif. Gewicht der Miſchung in keinem beſtimmten Verhältniſſe zum ſpecif. Gewichte der Beſtandtheile zu ſtehen. Die Dichte der Miſchung iſt bisweilen auch geringer als das Mittel von den Dichtigkeiten der Beſtandtheile. In Bezug auf den Aggregationszuſtand der Miſchungen gegen die Beſtandtheile treten verſchiedene Variationen (— bei gewöhnlicher Temperatur) auf: Zwei feſte Körper geben eine feſte Verbindung (z. B. Schwefel und Eiſen), oder eine tropfbar flüſſige Verbindung (z. B. Salz und Eis); ein feſter und ein tropfbar flüſſiger Körper geben eine feſte Verbindung (z. B. Kalk und Waſſer), oder eine tropfbar flüſſige Verbindung (Salz und Waſſer); zwei tropfbar flüſſige Körper bilden eine feſte Verbindung (doppelt Chlorzinn und wenig Waſſer), oder eine tropfbar flüſſige (Waſſer und Weingeiſt); feſte oder tropfbar flüſſige und ausdehnſam flüſſige geben entweder feſte Verbindungen (Sauerſtoffgas und Eiſen, kohlenſaures Gas und concentrirte Kalilöſung), oder tropfbar flüſſige (Chlorgas und Zinn, Waſſer und ſalzſaures Gas), oder ausdehnſam flüſſige (Sauerſtoffgas und Kohle). Eine ausdehnſam flüſſige Verbindung kann nur dann zu Stande kommen, wenn wenigſtens Ein Beſtandtheil ausdehnſam flüſſig iſt. Zwei ausdehnſam flüſſige Körper geben entweder feſte Verbindungen (Ammoniakgas und ſalzſaures Gas), oder tropfbar flüſſige (Sauerſtoffgas und Waſſerſtoffgas), oder ausdehnſam flüſſige (Chlorgas und Waſſerſtoffgas). Die Kryſtallform der Miſchung weicht häufig von der Kryſtallform der Beſtandtheile ab. Doch bilden verſchiedenartige Körper von gleicher Kryſtallform, wenn ſie ſich mit einem andern zu kryſtalliſirbaren Verbindun-

gen vereinigen, gleiche Kryſtalle, wenn das Verhältniß der Zahl der Miſchungsgewichte in den Verbindungen daſſelbe iſt. Dieß gilt von einfachen und zuſammengeſetzten Körpern. — Mitſcherlich verdanken wir die Kenntniß dieſes Geſetzes. Er nennt die Körper, welche ſich ſo erſetzen können, ohne daß die Kryſtallform abgeändert wird, iſomorphe. So haben wahrſcheinlich Schwefel, Selen, Chrom und Mangan gleiche Kryſtallform. Alle nehmen nämlich, um Säure zu bilden, 3 M. G. Sauerſtoff auf, und ihre Salze ſind iſomorph. Desgleichen Calcium und Baryum, da ſich ihre Oxyde erſetzen können, ohne Abänderung der Kryſtallform, Harmotom u. ſ. w. — Eine weitere Ausdehnung erhält die Lehre des Iſomorphismus dadurch, daß zwei Körper oder Verbindungen, einen oder eine Verbindung erſetzen können. So z. B. iſt ſchwefelſaures Ammoniak, das 1 M. G. Waſſer enthält, mit dem waſſerleeren einfach ſchwefelſauren Kali iſomorph, dieſes 1 M. G. Waſſer haltende ſchwefelſaure Ammoniak geht mit andern ſchwefelſauren Salzen Verbindungen ein, die mit den analogen Kaliſalzen iſomorph ſind, ſo daß alſo Ammoniak in Verbindung mit 1 M. G. Waſſer das waſſerleere Kali erſetzt u. ſ. w. So wie nun aber verſchiedenartige Körper einander erſetzen können, ohne daß die Geſtalt der Producte abgeändert wird; ſo gibt es umgekehrt chemiſche Verbindungen, die qualitativ und quantitativ völlig gleich zuſammengeſetzt ſind und dennoch zum Theil höchſt verſchiedene Eigenſchaften beſitzen. Erſt in neueſten Zeiten iſt man mehr auf dieſe Verbindungen aufmerkſam geworden, von denen man zwar früher ſchon einige kannte, aber ſie nicht gehörig würdigte. Beſonders haben Berzelius, Liebig und Wöhler höchſt intereſſante hierher gehörige Thatſachen bekannt gemacht. Berzelius nennt dieſe Art chemiſcher Verbindungen iſomere (früher heteromorphe). Der Begriff von iſomeren Körpern ſetzt aber nicht blos gleiche procentiſche Zuſammenſetzung, ſondern auch gleiches Miſchungsgewicht voraus. Dahin gehören ungeglühte und geglühte Phosphorſäure, die zweierlei Zinnoxyde, Cyan- und Knallſäure, Cyanurſäure und unlösliche Cyanurſäure, cyanſaures Ammoniak und Harnſtoff, Weinſäure und Traubenſäure u. A. — Andere Körper haben gleiche procentiſche Zuſammenſetzung, ſind aber ungleich verdichtet bei derſelben Temperatur, z. B. ölbildendes Gas, dampfförmiger Kohlenwaſſerſtoff und Paraffin, oder haben ungleiches Miſchungsgewicht, wie Cyanſäurehydrat und Cyanurſäure u. ſ. w. — Hinſichtlich der Lichtverhältniſſe lehrt die Erfahrung, daß undurchſichtige Körper immer undurchſichtige, und durchſichtige Körper immer durchſichtige Verbindungen liefern. Undurchſichtige Körper liefern mit durchſichtigen bald undurchſichtige Verbindungen, bald durchſichtige.

Volumen, (lat. d. h.) Inhalt, Rauminhalt, bezeichnet die Größe des Raumes, welchen ein Körper (oder vielmehr ſeine Maſſe, ſ. d. Art.) einnimmt. Dabei iſt auf die materielle Beſchaffenheit des Inhaltes keine Rückſicht genommen und zwei Körper von gleichem Volumen können dennoch ſehr verſchieden ſein, namentlich kann der eine bei weitem dichter als der andere ſein. Je mehr ein Körper wiegt als ein anderer, der gleiches Volumen mit ihm hat, deſto dichter iſt

er. S. d. Art. Dichte und Specifiſches Gewicht. Kennt man das Gewicht, welches ein Körper gemäß ſeiner materiellen Beſchaffenheit bei einem gewiſſen Volumen beſitzt, ſo läßt ſich aus dem Gewichte deſſelben ſein Volumen berechnen. Wiegt z. B. eine gewiſſe Maſſe n Pfund und wiſſen wir, daß 1 Cub. F. deſſelben Körpers m Pfund wiegt, ſo iſt das Volumen der vorliegenden Maſſe $\frac{n}{m}$ Cub. F.

Vorrücken oder (lat.) Präceſſion der Nachtgleichen heißt das jährlich nahe 50″ betragende Rückwärtsgehen (von Oſt gegen Weſt) des Frühlingspunktes (ſ. d. Art. Nachtgleichen), oder w. d., weil die Länge der Sterne in Bezug auf den Frühlingspunkt beſtimmt wird, die eben ſo große Veränderung in den Längen der Fixſterne. Die Schiefe der Ekliptik (ſ. d. Art.) verändert ſich nur wenig, und man kann ſich dieſelbe, wenigſtens für eine Zeit, als unverändert vorſtellen, während welcher die Nachtgleichenpunkte (denn mit dem Frühlingspunkte verändert natürlich auch der Herbſtpunkt ſeine Stelle,) ſchon merklich ihre Stelle verändert haben. Daher kann man ſich das Verrücken der Nachtgleichen ſo vorſtellen, daß der Aequator die Ekliptik unter einem beſtimmten Winkel (der Schiefe der Ekliptik) unveränderlich ſchneidet, aber ſich dabei ſo bewegt, daß die Durchſchnittspunkte beider Kreiſe allmählig alle mögliche Stellungen in der Peripherie der Ekliptik einnehmen. Faßt man die Vorſtellung des ſich unter gleichbleibender Neigung bewegenden Aequators ſcharf auf, und denkt ſich noch die in die Pole auslaufenden ſenkrecht auf den beiden Ebenen ſtehenden Axen, ſo überſieht man leicht, wie die Bewegung des Aequators zur Folge haben muß, als beſchriebe der Pol des Aequators einen Kreis um den Pol der Ekliptik, deſſen Halbmeſſer durch die Schiefe der Ekliptik gegeben iſt. Schon Hipparch (130 v. Chr.) hat bemerkt, daß ſich die Länge der Sterne um 50, 2113 Sec. jährlich verändern. Dieſe Veränderung beträgt in einem Jahrhundert ſchon 1,3947 Grad (ſeit Hipparch faſt 27½ Grad) und ſie iſt der Grund, daß gegenwärtig der Frühlingspunkt nicht einmal mehr in demſelben Zeichen ſich befindet, in welchem er beim Einführen der aſtronomiſchen Ausdrücke lag, ſo daß die Zeichen und die Sternbilder des Thierkreiſes nicht mehr zuſammenſtimmen. S. d. Art. Thierkreis. Nimmt man an, (was jedoch nicht genau richtig iſt), daß das Vorrücken der Nachtgleichen genau jährlich 50,21 Sec. $= 0°,013947$ beträgt, ſo folgt daraus, daß der Pol des Aequators in 25812 Jahren einmal ſeinen Umlauf um den Pol der Ekliptik beenden muß. Dieſe Periode hat man das große oder platoniſche Jahr ganannt. *) Durch genauere Beobachtungen hat man ge-

*) In Bezug auf den Polarſtern macht Littrow folgende intereſſante Bemerkung: „Die Benennung des Polarſternes trägt gegenwärtig der Stern a im kleinen Bären, deſſen Rectaſcenſion nahe 15° und deſſen Abſtand von dem Pole des Aequators 1° 30′ iſt. Dieſer Abſtand wird in den nächſten Jahrhunderten noch kleiner werden, weil wegen der Präceſſion der Pol N

funden, daß die angegebene Kreisbewegung, welche der Pol des Aequators beſchreibt, die Bewegung deſſelben nur im Großen angibt. Allerdings kehrt er immer wieder in jenen Kreis zurück, aber er nähert ſich zuweilen dem Mittelpunkte, bald entfernt er ſich wieder etwas davon. Zuweilen findet ſogar durch einige Jahre ein Vorwärtsſchreiten ſtatt. Die erwähnte Annäherung und Entfernung kann bis auf neun, und das Vorwärtsſchreiten auf 18 Secunden betragen. Dieſe beiden Unregelmäßigkeiten haben eine Periode von 19 Jahren, worauf ſie in derſelben Ordnung wiederkehren. Man nennt ſie die **Nutation** oder das **Wanken** der Erde und kann ſich von derſelben eine Vorſtellung machen, wenn man den Pol des Aequators innerhalb 19 Jahren in der Peripherie einer kleinen Ellipſe herumführt, deren Mittelpunkt auf dem Kreiſe um den Pol der Ekliptik jährlich 50,21 Sec. rückwärts geht, und deren große Axe gegen den Pol der Ekliptik gerichtet iſt. Noch eine kleine Veränderung in der Beſchreibung dieſer Ellipſe hat eine halbjährige Periode. Eine Folge der auf die angegebene Weiſe zuſammengeſetzten Bewegung des Poles iſt eine fortwährende Veränderung der Länge, der Rectaſcenſion und der Declination der Fixſterne bei immer gleichbleibender Breite derſelben. Am Ende jeder Periode von 19 Jahren verſchwinden die Unregelmäßigkeiten der Nutation, während die der Präceſſion durch die Jahrhunderte fortgehn. Die Aenderungen in der Lage der Fixſterne ſind mit Sorgfalt beſtimmt und in Tafeln verzeichnet worden.

Der Grund des Vorrückens der Nachtgleichen und des Wankens der Erdaxe liegt in der ſphäroidiſchen (an den Polen abgeplatteten, um den Aequator angeſchwellten) Geſtalt der Erde, und der Anziehung, welche demgemäß die übrigen Himmelskörper, namentlich Sonne und Mond gegen die Erde ausüben. Die Anziehung eines äußeren Körpers zieht ein Sphäroid nicht nur nach ſich, ſondern, da die Kraft ſich umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung verhält, ſo giebt ſie ihm eine Bewe-

---

des Aequators (Fig. 395.) ſich dieſem Sterne immer mehr nähert. Im Jahre 2100 aber wird dieſer Pol am nächſten bei ihm ſein, und dann nur mehr 28 Minuten von ihm abſtehen. Nach dieſer Zeit wird der Pol N ſich wieder von ihm entfernen, um ſich anderen Sternen zu nähern, die dann einen größern Anſpruch auf die Benennung des Polarſterns machen werden. Auch war jener Stern zur Zeit **Hipparchs** noch gegen 12 Grade von dem Pole N entfernt und verdiente daher damals dieſen Namen noch gar nicht. Um diejenigen Sterne zu finden, denen in verſchiedenen Epochen der Pol des Aequators am nächſten ſteht, wird man auf einer Sternkarte um den Pol der Ekliptik einen Kreis mit dem Halbmeſſer von 23° 28′ ziehen und dadurch die Sterne angeben, durch welche dieſer Kreis geht. Genauer noch wird man für die verſchiedenen Epochen die Halbmeſſer dieſer Kreiſe dahin verändern, daß ſie die Schiefe der Ekliptik für jene Epochen vorſtellen. Auf dieſe Weiſe findet man, daß gegen das Jahr 2700 vor Chr. der Stern a im Drachen der Polarſtern war, und daß im Jahre 4100 nach Chr. der Stern j Cephei, dann a Cephei und endlich gegen das Jahr 14000 nach Chr. a Cygni oder Deneb im Schwan auf dieſe Benennung Anſpruch machen wird."

gung um ſeinen Schwerpunkt, es ſei denn, daß der anziehende Körper in der Verlängerung der Axen des Sphäroides liege. Die Ebene des Aequators iſt gegen die Ebene der Ekliptik um einen Winkel von 23° 27′ 39″, 26 geneigt, und die Neigung der Mondbahn gegen dieſelbe iſt 5° 8′ 47″, 9. Folglich drängen wegen der abgeplatteten Figur der Erde, Sonne und Mond, indem ſie ſchief und ungleich auf verſchiedene Theile des Erdſphäroides wirken, die Ebene des Aequators aus ihrer Richtung, und zwingen ſie, ſich von Oſten nach Weſten zu bewegen, ſo daß die Aequinoctialpunkte in der Ebene der Ekliptik eine langſame zurückſchreitende Bewegung von 50″, 41 jährlich haben. Das directe Beſtreben dieſer Wirkung iſt, die Ebene des Aequators und der Ekliptik zuſammenfallen zu machen, aber es wird durch das Beſtreben der Erde ausgeglichen, zu der beſtändigen Umdrehung um den polaren Durchmeſſer, der eine ihrer Hauptumdrehungsaxen iſt, zurückzukehren. Daher bleibt die Neigung der beiden Ebenen conſtant, wie ein Kreiſel dieſelbe Neigung gegen die Ebene des Horizontes behält. Wäre die Erde kugelförmig, ſo würde dieſe Wirkung nicht hervorgebracht, und die Aequinoctien würden ſtets in denſelben Punkten der Ekliptik bleiben, wenigſtens ſo weit, als es dieſe Art von Bewegung betrifft. Aber eine andere und gänzlich verſchiedene Urſache iſt: dieſe Wirkung der Planeten auf einander und auf die Sonne verurſacht eine ſehr geringe Aenderung in der Lage der Ebene der Ekliptik, welche ihre Neigung gegen die Ebene des Aequators afficirt, und gibt den Aequinoctialpunkten eine geringe, aber directe Bewegung von 0″,31 jährlich in der Ekliptik, welche gänzlich unabhängig von der Geſtalt der Erde iſt, und dieſelbe ſein würde, wenn ſie eine Kugel wäre. So machen Sonne und Mond, indem ſie die Ebene des Aequators bewegen, daß die Aequinoctialpunkte in der Ekliptik rückwärts gehen; und die Planeten geben ihnen, indem ſie die Ebene der Ekliptik bewegen, eine directe Bewegung, obgleich eine viel geringere, als die vorige. Folglich iſt der Unterſchied dieſer beiden die mittlere Präceſſion, die, wie Theorie und Beobachtung erweiſen, etwa 50″,1 *) jährlich iſt. — Da die Bewegung der Son-

*) Es mögen p ♈ Q und E ♈ e, (Fig. 396.), die Ebenen des Aequators und der Ekliptik ſein. Der Winkel e ♈ Q, welcher ſie trennt, die ſogenannte Schiefe der Ekliptik, ändert ſich in Folge der Wirkung der Sonne und des Mondes auf die hervorragende Maſſe um den Erdäquator. Dieſe Wirkung führt den Punkt Q gegen e, und ſtrebt, die Ebene q ♈ Q mit der Ekliptik E ♈ e zuſammen fallen zu machen, wodurch die Aequinoctialpunkte ♈ und ♎ ſich langſam in der Ebene e ♈ E, um 50″, 41 jährlich, rückwärts bewegen. Dieſer Theil der Bewegung, welcher von der Geſtalt der Erde abhängt, heißt die luniſolare Präceſſion. Ein anderer, gänzlich von der Geſtalt der Erde unabhängiger, Theil rührt von der gegenſeitigen Wirkung der Erde, der Planeten und der Sonne her, welche, indem ſie die Lage der Ebene der Ekliptik e ♈ E ändert, bewirkt, daß die Aequinoctialpunkte ♈ und ♎ um 0″, 31 jährlich vorrücken; aber da dieſe Bewegung weit geringfügiger als die vorige iſt, ſo gehen die Aequinoctialpunkte in der Ebene jährlich um 50″,1 zurück.

ne vorwärts, und die der Aequinoctialpunkte rückwärts iſt, ſo braucht jene eine längere Zeit, um nach dem Aequator zurück zu kommen, als nach denſelben Sternen, ſo daß das tropiſche Jahr von 365 Tagen 5 Stunden 48 Min. 49,2 Sec. vergrößert werden muß, und zwar um die Zeit, welche ſie braucht, um einen Bogen von 50″,1 zu durchlaufen, damit man die Länge des Sternjahres habe. Die dazu erforderliche Zeit iſt 20 Min. 20,4 Sec., ſo daß das Sternjahr 365 Tage 6 Stund. 9 Min. 9,6 Sec. mittlere Sonnentage enthält. — Die mittlere jährliche Präceſſion iſt einer ſeculären Aenderung unterworfen; denn obgleich die Aenderung in der Ebene der Ekliptik, in welcher die Sonnenbahn liegt, unabhängig von der Geſtalt der Erde iſt, ſo ändert ſie doch, indem ſie Sonne, Mond und Erde in verſchiedene relative Stellungen bringt, von Jahrhundert zu Jahrhundert die directe Wirkung der beiden erſten auf die hervorragende Maſſe um den Aequator; deßhalb iſt die Bewegung der Aequinoctien jetzt um 0″,455 größer, als ſie es zu Hipparchs Zeiten war. Folglich iſt die gegenwärtige Länge des tropiſchen Jahres um etwa 4,21 Sec. kürzer, als ſie es zu jener Zeit war. Die äußerſte Aenderung, welche es durch dieſe Urſache erleiden kann, beläuft ſich auf 43 Secunden. Die Nutation hängt von der relativen Stellung der Sonne und des Mondes gegen die Erde ab. Es mögen q V Q, e V E, Fig. 397. die Ebene des Aequators und der Ekliptik ſein, p, P ihre Pole. Dann nehmen wir an, p, der Pol des Aequators, bewege ſich mit einer zitternden oder wellenförmigen Bewegung in der kleinen Ellipſe p c d b in etwa 19 Jahren herum, während der Punkt a in 25868 Jahren im Kreiſe a A B herumgeführt wird. Die zitternde Bewegung kann die halbjährige Aenderung vorſtellen, die Bewegung in der Ellipſe einen Begriff von der durch Bradley entdeckten Nutation geben, und die Bewegung in dem Kreiſe a A B rührt von dem Vorrücken der Aequinoctien her. Die große Axe p d der kleinen Ellipſe beträgt 18″,5, ihre kleine Axe b c 13″,74. Dieſe Bewegungen ſind ſo gering, daß ſie nur eine ſehr kleine Wirkung auf den Parallelismus der Axe der Erdumdrehung während ihres Laufes um die Sonne haben. — Die Nutation in der Erdaxe afficirt ſowohl die Präceſſion als die Schiefe mit geringen periodiſchen Aenderungen. Aber in Folge der ſeculären Aenderung in der Lage der Erdbahn, welche hauptſächlich der ſtörenden Kraft des Jupiter auf die Erde zugeſchrieben werden muß, wird die Schiefe der Ekliptik jährlich, nach Beſſel, um 0″,457 vermindert. Dieſe Aenderung kann ſich im Laufe von Jahrhunderten auf 10 oder 11° belaufen; aber die Schiefe der Ekliptik gegen den Aequator kann ſich nie um mehr als 2° 42′ oder 3° verändern, da der Aequator in gewiſſem Maße der Bewegung der Ekliptik folgen wird. — Vergl. d. Art. Schiefe der Ekliptik.

W.

Wärme. Es wird dieſes Wort in doppelter Bedeutung angewendet, einmal um die Empfindung, welche durch Berührung oder Annäherung an in gewiſſen Zuſtänden befindliche Körper hervorgebracht wird, und dann um die phyſiſche Kraft oder den objectiven Grund jener Empfindung zu bezeichnen. Die Wärme wirkt nicht bloß auf unſer Gefühl, ſondern überhaupt auf alle Körper, und bringt in ihnen mehr oder weniger Aenderungen hervor. Sie dehnt faſt alle Körper aus, und vergrößert ihr Volumen, (ſ. d. Art. Ausdehnung); auch verändert ſie den Aggregatszuſtand vieler Körper, indem ſie ſtarre und flüſſige, und dieſe wie jene in gasförmige verwandelt. Wärme in großer Anhäufung oder von großer Intenſität heißt Hitze, während Kälte der relative Gegenſatz der Wärme iſt. Ein Körper iſt nicht abſolut warm oder kalt, und wir können einen und denſelben zugleich kalt und warm nennen, je nach der Empfindung, die er in uns erregt, d. h. je nachdem er mehr warm oder weniger warm als unſer Körper iſt. Iſt das erſte der Fall, ſo pflegen wir ihn warm zn nennen, während er im zweiten Falle kalt heißt. So wird man einmal ein Zimmer heiß finden, und ein ander Mal, obwohl es ganz dieſelbe Temperatur hat, kalt, weil der Eindruck auf unſern Körper ein anderer iſt. Ja tauche man eine Hand zuvor in kaltes, die andere aber in warmes Waſſer, und dann beide in laues: ſo wird man letzteres in demſelben Augenblick für warm nach der Empfindung der vorher erkälteten Hand, und für kalt nach dem Eindruck auf die zuvor erwärmte Hand halten. Wir bedürfen deßhalb, um die Wärme der Gegenſtände zu beſtimmen, anderer, immer dieſelbe Sprache redender Inſtrumente, da, wie wir eben ſahen, unſer Körper nicht ausreicht; dieſe ſind angegeben unter dem Artikel Thermometer (und Pyrometer), und beruhen faſt alle auf der durch die Wärme bewirkten Ausdehnung der Körper.

Wie aber die Ausdehnung der Körper durch dieſe Kraft verſchieden iſt, ſo iſt auch die Geſchwindigkeit verſchieden, mit welcher die Wärme von einem Theile eines Körpers in einen andern Theil deſſelben, oder auch von einem Körper in einen andern übergeht. Die Metalle ſind wie für Electricität, ſo auch für die Wärme die beſten Leiter, und alle feſten Körper leiten immer noch beſſer als flüſſige, und dieſe noch beſſer als gasförmige. Aber ſelbſt unter den Metallen herrſcht ein großer Unterſchied, indem nach Despretz das Leitungsvermögen ſich verhält wie die beigeſetzten Zahlen:

Gold . .	1000	Zinn . . .	304
Silber .	973	Blei . . .	180
Platina .	981	Marmor .	24
Kupfer .	898	Porcellan .	12
Eiſen . .	374	Ziegelmaſſe	11
Zink . .	363		

Er gelangte zu dieſen Reſultaten, indem er gleiche Prismen aus den unterſuchten Körpern machen ließ, dieſe, um ihnen ein gleiches Strahlungsvermögen zu ertheilen (ſ. unten), mit einer Schicht ſchwarzen Firniſſes überzog, und an verſchiedenen Punkten mit bis zur Mitte des Körpers reichenden Löchern verſah, welche mit Queckſilber oder Oel gefüllt zur Aufnahme der Thermometer dienten. Er erhitzte dieſe Prismen mittels Lampen, die ſo geſtellt waren, daß das der Wärmequelle nächſte Thermometer ſtets eine beſtimmte Temperatur angab. Wenn die Thermometer einen feſten Stand erreicht hatten, ſo konnte man aus den angezeigten Graden und der Temperatur der Luft die Verhältniſſe der Leitungsfähigkeit berechnen. — Um auf eine einfache Weiſe die Ungleichheit in der Leitungsfähigkeit der Körper darzuthun, kann man den Verſuch von Franklin und Inghenhouß wiederholen, welche gleich dünne und gleich lange, ſehr gleichförmig mit Wachs überzogene Metallcylinder mit dem einen Ende in ein Gefäß voll ſiedenden Waſſers oder Leinöls tauchten, und nach der größern oder geringern Entfernung von der Wärmequelle, in welcher das Wachs noch geſchmolzen war, die Folge der Leiter vom beſten an ſo beſtimmten: Silber, Kupfer, Gold, Zinn, Eiſen, Stahl, Blei. — Holz leitet viel ſchlechter als die Metalle, und die Größe der Leitungsfähigkeit einzelner Holzarten nimmt in folgender Ordnung nach La Rive nnd Decandolle ab:

1. Crataegus area	4. Fichte	7. Eiche
2. Nußbaum	5. Pappel	8. Pappel
3. Eiche	6. Nußbaum	9. Kork,

von denen 1 — 5 nach der Richtung der Faſern, 6 — 8 aber nach der darauf ſenkrechten geſchnitten waren. — Zu den allerſchlechteſten Leitern gehören aber Glas und beſonders Kohle; überhaupt auch alle Körper, welche aus dünnen Fäden oder Schichten beſtehen. Deßhalb macht man an metallene Kochgefäße hölzerne Griffe, umwindet im Winter die Bäume mit Stroh, um ſie gegen Kälte zu ſchützen u. ſ. w.

Noch ſchlechtere Leiter als die feſten Körper ſind aber die Flüſſigkeiten, deren Leitungsfähigkeit Rumford ſogar ganz ableugnen wollte. Werden Flüſſigkeiten in einem Gefäße von unten erhitzt, ſo rührt die Erwärmung der ganzen Maſſe von dem in der Flüſſigkeit entſtehenden Strömen und dem hiedurch bewirkten Begegnen kalter und warmer Waſſertheilchen her. Durch die Ausdehnung mittels der Wärme werden nämlich die untern Theile ſpecifiſch leichter als die oberen kältern und ſteigen folglich hinauf, während die kältern ſich ſenken. Man kann dieſe Bewegung ſichtbar machen durch Beſtreuung des Waſſers mit Körpern, die faſt gleiches ſpecifiſches Gewicht mit ihm haben und deßhalb leicht an ſeinen Bewegungen theilnehmen. Solche ſind z. B. Bernſtein, nach Rumfords Angabe, oder Sägeſpähne von Eichen- und Buchsbaumholz. Wird die Flüſſigkeit unten erwärmt, ſo wird ſie in der Mitte aufwärts ſteigen, und an den Wänden des Gefäßes hinabſinken. Fig. 398. die ſich begegnenden Waſſertheilchen theilen einander ihre Wärme mit, was nicht geſchehen kann, wenn man die Flüſ-

ſigkeit von oben erhitzt, wo jeder Theil die ſeinem ſpecifiſchen Gewicht zukommende Lage eingenommen hat. Uebergießt man die Flüſſigkeit in einem Gefäße, in deſſen Wand nahe am obern Rande (oder dem Niveau der Flüſſigkeit) man ein Thermometer horizontal befeſtigt hat, ſo daß die Scale außerhalb des Gefäßes iſt, mit Weingeiſt oder Aether, ſo wird das Thermometer nur ſehr wenig ſteigen, obwohl es blos durch eine dünne Schicht von Flüſſigkeit von der Flamme getrennt war. Und ein großer Theil dieſer Temperaturerhöhung möchte auch noch auf die von der Wand des Gefäßes mitgetheilte Wärme kommen.

Die Gaſe, welche noch beweglicher ſind als die Flüſſigkeiten, werden um ſo mehr noch die Bewegung und dadurch bewirkte Mittheilung begünſtigen, aber eben dadurch die Wärmeleitungsfähigkeit factiſch nachzuweiſen, im höchſten Grade erſchweren. Indeß deuten alle Verſuche darauf hin, daß doch noch eine wenn auch ſchwache Mittheilung der Wärme von einem Theil zum andern in ruhigen Schichten der Gasart ſtattfindet.

Ueber Abkühlung ſind von Dulong und Petit die genaueſten Verſuche angeſtellt worden, indem ſie ein bis zu einer gewiſſen Temperatur erhitztes Thermometer ſchnell in einen Ballon von Kupfer brachten, der zur Vermeidung der Strahlung innerlich mit Lampenruß überzogen war und ſich in einem Waſſerbade von beſtimmter Temperatur befand. Auch beſtimmten ſie die durch Strahlung verlorne Wärmemenge abgeſondert von der durch Mittheilung. Sie erhielten dabei folgende Reſultate, die Baumgartner in ſeiner Phyſik kurz ſo zuſammen ſtellt: 1) Nicht alle Körper erkalten gleich ſchnell, ſelbſt wenn ſie eine gleiche Form, Größe und Oberfläche haben. 2) Die Erkaltung in der Luft geht deſto ſchneller vor ſich, je größer der Temperaturunterſchied zwiſchen dem erkaltenden Körper und ſeiner Umgebung iſt; doch ſtehen die Erkaltungsgeſchwindigkeiten nicht, wie Newton meinte, im geraden Verhältniſſe mit den Temperaturunterſchieden, nähern ſich aber dieſem Verhältniſſe deſto mehr, je geringer der genannte Unterſchied iſt. 3) Im leeren Raume von beſtändiger Temperatur läßt ſich die Erkaltungsgeſchwindigkeit v durch die Formel $v = M\,(a^t - 1)$ ausdrücken, wo t die Temperaturdifferenz zwiſchen dem Erkaltungsorte und dem erkaltenden Körper, M und a beſtändige Größen ſind, von denen $a = 1{,}0077$ iſt. Die Erkaltungsgeſchwindigkeit nimmt daher ab, wie die Glieder einer geometriſchen Progreſſion, vermindert um eine beſtändige Größe, während die Temperaturüberſchüſſe eine arithmetiſche Reihe darſtellen. 4) Die Erkaltung, welche ein Gas für ſich, abgeſehen von der Ausſtrahlung, bewirkt, iſt völlig unabhängig von der Beſchaffenheit der Oberfläche der Körper und hängt bloß von der Temperaturdifferenz zwiſchen dem Gaſe und dem erkaltenden Körper und von der Spannkraft des Gaſes ab. Dieſe Erkaltungsgeſchwindigkeit v′ läßt ſich durch die Formel $v' = m\,t^b$ ausdrücken, in welcher t die Temperaturdifferenz, $b = 1{,}233$ bedeutet, m aber eine Größe iſt, welche von der Natur des Gaſes und von den Dimenſionen des erkaltenden Körpers abhängt. Es ändert ſich daher v′ in einer geometriſchen Progreſſion, wenn die Tem-

peraturüberſchüſſe auch eine geometriſche bilden. Die geſammte Abkühlung wird demnach durch $M(a^t - 1) + m\,t^b$ ausgedrückt.

Merkwürdig ſind hier noch die Verſuche von Rudberg, daß eine Legirung aus 2 Metallen, die über den Schmelzpunkt erhitzt iſt, anſtatt gleichförmig zu erkalten, vielmehr bei zwei Temperaturgraden einen eine Zeit lang ſtationären Zuſtand zeigt. Er ſucht den Grund darin, daß zwiſchen einem beſtimmten Antheil des einen Metalls und des andern eine chemiſche Legirung ſich bilde, die nun mit dem Ueberſchuſſe des einen Metalls mechaniſch gemengt ſei. Fehle dieſer Ueberſchuß des einen Metalls, ſo würde die Abkühlung ſtets gleichmäßig ſein bis zu dem Punkte ihrer Erſtarrung. Iſt aber ein Ueberſchuß des einen Metalls vorhanden, ſo wird in ihm die chemiſche Legirung feſt werden, und dabei ihre latente Wärme frei werden laſſen, wodurch das Verweilen des Thermometers auf einem Punkte oberhalb der Erſtarrungstemperatur des Gemiſches bewirkt wird.

Eine ähnliche Erklärungsweiſe hat man auf die von der Abkühlung gewöhnlichen Waſſers verſchiedene Abkühlung mineraliſcher Waſſer angewendet, indem an gewiſſen Temperaturgraden durch Umbildung der in dieſen Waſſern enthaltenen Salze die Abkühlung verzögert wird. — Erman ſucht die Erſcheinungen in Rudbergs Verſuchen abhängig zu machen von dem Eintritt der größten Dichtigkeit, indem er beobachtete, daß auch bei Waſſer eine Stockung an dem Punkte der größten Dichtigkeit eintritt. Er beobachtete folgende Erkältungszeiten:

von	6°,0	bis	5°,5 R.	—	50″
—	5,5	—	5,0	—	55
—	5,0	—	4,5	—	50
—	4,5	—	4,0	—	50
—	4,0	—	3,5	—	65
—	3,5	—	3,0	—	198
—	3,0	—	2,5	—	60
—	2,5	—	2,0	—	70.

Daß die Wärme nicht bloß durch die Leitungsfähigkeit der Körper von einem zu dem andern gelange, ſondern auch ausſtrahle, eben ſo wie das Licht nach allen Seiten, und auch geradlinig, wie dieſes, wußte man längſt. Denn nähert man einem erhitzten Metall, oder einem mit heißem Waſſer gefüllten Gefäß ein Differentialthermometer (ſ. d. Art.), deſſen eine Kugel aber durch einen undurchſichtigen Schirm geſchützt iſt, ſo wird die unbedeckte Kugel erwärmt, und die Flüſſigkeit in ihr hinabſinken. Da aber der Schirm die andre Kugel gänzlich ſchützt, wenn er grade zwiſchen dem erhitzten Körper und dieſer Kugel ſteht, ſo folgt offenbar hieraus, daß die Ausſtrahlung der Wärme eine geradlinige ſei. Die neuſten wichtigſten Entdeckungen in dem Gebiete der ſtrahlenden Wärme ſind von Melloni gemacht, und es wird am beſten ſein, von dieſen Verſuchen einen kurzen Abriß zu geben, und ältere ſchon vorhandene Thatſachen nebenbei anzuführen. Vor allem iſt es dabei aber nöthig, erſt die Art und Weiſe darzulegen, welche Melloni bei allen ſeinen Verſuchen befolgte. Er wandte nicht eines der gewöhnlichen

Thermometer an, denn dieſe würden bei ſeinen feinen Verſuchen ihn faſt ſtets verlaſſen haben, ſondern eine thermoelektriſche Säule. Fig. 399. ſtellt ſeinen Apparat dar. MM′ iſt ein Tiſch, auf dem in einer Nuthe RR′ die darauf ſichtbaren Gegenſtände verſchoben werden können, um die gegenſeitigen Entfernungen zu verändern. Als Wärmequelle bedient er ſich entweder einer Locatelliſchen Lampe, d. h. einer Oellampe mit quadratiſchem Docht, und einem Reflector, aber ohne Glasſchornſtein (Fig. 400.), oder einer Platinſpirale, die über einer Weingeiſtlampe hängend glühend bleibt, nachdem die Lampe ausgeblaſen (ſ. d. Art. Verbrennung). (Fig. 401.), oder eines über derſelben Lampe bis auf 400° erhitzten Kupferblechs (Fig. 402.), oder eines Gefäßes mit ſiedendem Waſſer. Dieſe werden auf das verſchiebbare Stativ S′ geſetzt, während der Schirm E″, der ſich nach der Seite zurückſchlagen läßt, dazu dient, um die Wärmeſtrahlen vor dem Verſuch von der thermoelektriſchen Säule abzuhalten. Im Schirm E′ iſt ziemlich unten eine Oeffnung angebracht, O, um ſtets eine beſtimmte Menge Wärmeſtrahlen durchzulaſſen, und auf dem Schirm S werden die Körper befeſtigt, durch welche die Wärmeſtrahlen hindurchgehen ſollen. Weiterhin befindet ſich ein Stativ, worauf in einem Rohre P die thermoelektriſche Säule mit Charnieren befeſtigt iſt. Sie beſteht aus Stäbchen von Wismuth und Antimon, deren Anzahl z. B. bei dem für die polytechniſche Schule in Paris angefertigten Apparate 50 beträgt, und der Durchſchnitt der Säule iſt bei einer Länge der Stäbchen von 27 bis 28 Millimeter nicht mehr als zwei Quadratcentimeter. Das erſte und letzte Stäbchen ſind durch die Drähte FF′ mit dem ſehr empfindlichen Galvanometer G verbunden. Man berechnet dann die Intenſität der Wärmeſtrahlung aus dem Ausſchlage der Magnetnadel, welche durch den, vermöge ungleicher Erwärmung der Verbindungsſtelle von Antimon und Wismuth entſtehenden elektriſchen Strom abgelenkt wird. *) Die elektriſche Säule geht durch einen Kupferring, der inwendig mit Pappe bekleidet iſt. Zu beiden Seiten des Ringes iſt ein ſechs Centimeter langes inwendig geſchwärztes Rohr angebracht. Hinter ihr befindet ſich noch ein Schirm E, um, wenn die Röhre hinten offen iſt, ſie vor dem Einfluſſe aller äußeren Strahlungen zu ſchützen. Es iſt aber faſt bei allen Verſuchen nöthig, daß die Röhre offen ſei, damit die Luft mit beiden Enden der Säule in Verbindung ſtehe, und ihre etwaigen Temperaturveränderungen keinen Einfluß auf das Inſtrument ausüben. — Um einen Begriff zu geben von der Empfindlichkeit eines ſolchen Inſtruments, ſtehe hier die Berechnung über die Empfindlichkeit eines Thermomultiplicators von Nobili. Nobili verglich ſeine Wirkung mit dem Differentialthermometer von Leslie. Letzteres zeigte, dem freien Himmel eine Nacht hindurch ausgeſetzt, eine durch Wärmeſtrahlung bewirkte Aenderung der flüſſigen Säule von 30—50 Graden der Eintheilung; bei dem Thermomultiplicator machte die Nadel während einer ſolchen Nacht eine Bewegung von

*) Eine ſolche Säule iſt Fig. 403 abgebildet nnd man ſieht wie je zwei der verſchiedenen Stäbchen unter ſcharfen Winkeln zuſammengelöthet ſind. Vergl. d. Art. Galvanismus S. 517.

120° und mehr. Jedem Grade des Differenthialthermometers entſpricht $\frac{4^\circ}{25}$ R., und man kann noch recht gut halbe Grade anf dem Inſtrumente angeben, ſo daß ſeine Empfindlichkeit bis auf $\frac{1^\circ}{25}$ R. reicht. Eine Temperaturveränderung, die am Thermomultiplicator eine Abweichung von 25° hervorbringt, iſt am Aethrioſcop gar nicht wahrzunehmen. Man kann ſie alſo immer gleich $\frac{1^\circ}{50}$ R. ſetzen. Auf der Scheibe Galvanometers laſſen ſich aber recht gut halbe Grade wahrnehmen, alſo iſt die Nadel noch empfindlich für $\frac{1^\circ}{50.50} = \frac{1^\circ}{2500}$ R. Dieſe Empfindlichkeit läßt ſich aber auf das Doppelte erhöhen, weil man die Polardrähte des Inſtruments verwechſeln, und die Bewegung der Nadel auf das Doppelte rückgängig machen kann. Es läßt ſich alſo die Empfindlichkeit dieſes Inſtrumentes $= \frac{1^\circ}{5000}$ R. ſetzen. Soll nun mit dem Apparate Melloni's experimentirt werden, ſo wird der zu unterſuchende Körper auf den Träger S gelegt, und der Schirm E'' zurückgeſchlagen. Jetzt hat ein Theil der Wärmeſtrahlen freien Durchgang durch die Oeffnung O der Platte E', und gelangt zur Vorderſeite der Säule. Durch den Ausſchlag der Nadel beſtimmt ſich nun die Intenſität der einfallenden Wärmeſtrahlen. — Zuerſt mußte die Ueberzeugung gewonnen werden, daß die Erwärmung der auf dem Träger S befindlichen Platte nicht auf den Thermomultiplicator einwirke. Der unter ſeinen vier Beweiſen hiefür von Melloni ſelbſt als der beſte anerkannte beſteht im folgenden Verſuche. Steht die Platte hinter der Oeffnung O, ſo wird eine beſtimmte von der Natur der gewählten Platte abhängige Menge Wärmeſtrahlen auf die thermoelektriſche Säule fallen, und die Nadel bis auf eine beſtimmte Weite ablenken. Rückt man nun die Säule ein wenig aus den unmittelbar durchgegangenen Strahlen heraus, ſo daß die Oeffnung ihrer Hülle aber ſtets gegen die Lamelle hin gerichtet iſt, bei unverändertem Abſtande von dieſer, ſo wird der Ausſchlag der Nadel allmählig kleiner, und verſchwindet ganz, ſobald die Hülle vollſtändig aus dem Wärmeſtrahlenkegel herausgerückt iſt. Ja man kann auch die Säule, nachdem ſie aus dem Wärmekegel herausgerückt iſt, der Platte um mehre Centimeter nähern, und letztere ſogar um ihre verticale Axe drehen, ſo daß ſie mit ihrer ganzen Fläche gegen das Ende der Säule gerichtet iſt, ohne auch nur die mindeſte Bewegung der Nadel wahrzunehmen. Auch kann man ſich von der Wahrheit dieſer Behauptung, daß die Erwärmung der Platte nicht auf das Galvanometer wirkt, überzeugen, wenn man an die Stelle der durchſichtigen Glasplatte, eine mit Tuſche geſchwärzte ſetzt. Die Nadel wird nicht abgelenkt, ungeachtet daß die Erwärmung größer iſt, als in der farbloſen. Man kann auch durch gehörige Entfernung der Platte vom Thermomultiplicator dieſen Fehler, wenn er noch da wäre, hinwegſchaffen, muß ſich dann aber hüten, nicht durch zu große Annäherung der

Platte an die Wärmequelle dieſe zu ſtark zu erhitzen. Der beſte Platz, den ſie zwiſchen der Säule und der Wärmequelle einnehmen, auf dem ſie alſo zugleich am wenigſten erwärmt wird, und den geringſten Einfluß auf die Säule ausüben kann, iſt, wie eine einfache Rechnung durch Beſtimmung des kleinſten Werthes ergibt, die Mitte zwiſchen beiden. Alle dieſe Vorſichtsmaßregeln ſind von Melloni aufs ſorgfältigſte beobachtet, ſo daß die Schärfe ſeiner Verſuche nichts zu wünſchen übrig läßt. — Die Ablenkung der Nadel iſt aber nicht proportional den Kräften, welche auf ſie wirken, und nur bei kleinen Bogen kann man, ohne einen Fehler zu begehen, dieſe Vorausſetzung machen. Melloni fand durch Verſuche, daß er ohne Fehler obige Annahme bis zum 20° konnte gelten laſſen; darüber hinaus mußte er aber die den verſchiedenen Kräften entſprechenden Ablenkungen berechnen. Er ließ nämlich auf das eine Ende der Säule eine Wärmequelle ihre Strahlen ſenden, welche die Nadel bis zum 24. Grad, und dann auf das andere Ende eine andere, welche die Nadel nur bis 20° ablenkte. Wären nun die Kräfte proportional der Ablenkung oder dem durchlaufenen Bogen, ſo hätte die Nadel, wenn beide Quellen auf beide Enden wirkten, eine Ablenkung von 4° nach der erſten Seite zeigen müſſen, aber ſtatt deſſen war die Ablenkung 5°,12. Es gehört alſo um die Nadel von 20° bis zu 24° zu bewegen, eine Kraft, welche die auf 0° ſtehende Nadel bis 5,°12 ablenkte. So fand er durch Verſuche die Kräfte, welche nöthig waren, um die Differenzen verſchiedener Lagen durchlaufen zu laſſen.

Der	Bogen zwiſchen	20°	und	24°	entſprach	5°,12	von	0°	aus
=	=	24	=	28	=	6,44	=	=	
=	=	28	=	32	=	8,00	=	=	
=	=	32	=	36	=	9,92	=	=	
=	=	36	=	40	=	12,44	=	=	
=	=	40	=	44	=	19,04	=	=	

Weiter als bis 44° dehnte er dieſe Verſuche nicht aus, da er ſeine Verſuche mit ſehr durch die Entfernung geſchwächten Strahlen anſtellte, und die Nadel nicht über dieſe Grenze hinausging.

Für die zwiſchenliegenden Grade war es nun leicht, die zugehörigen Kräfte zu berechnen, und es ergab ſich folgende Tafel, mit Hülfe deren er alſo ſtets die zu den Ausſchlägen gehörigen Kräfte beſtimmte.

Grade.	Kräfte.	Grade.	Kräfte.	Grade.	Kräfte.
20°	20,0	29°	33,4	38°	55,4
21	21,1	30	35,3	39	58,5
22	22,3	31	37,4	40	61,9
23	23,7	32	39,6	41	65,5
24	25,1	33	41,8	42	69,3
25	26,6	34	44,1	43	73,2
26	28,2	35	46,7	44	78,0
27	29,9	36	49,5	45	83,2
28	31,6	37	52,4		

Wenden wir uns nun zu ſeinen Verſuchen und den Reſultaten derſelben. Auf eine auffallende Weiſe zeigte ſich bald, daß nicht alle Körper von einer gleichen Quantität auffallender Wärme gleichviel durchlaſſen. Es hängt dieß nicht von der Durchſichtigkeit der Subſtanzen ab; ſcheint aber bei unkryſtalliſirten Körpern und den Flüſſigkeiten in naher Beziehung zur Brechbarkeit derſelben zu ſtehen, während bei den kryſtalliſirten Körpern keine ſolche Beziehung ſich herausſtellt. Doch es muß dieſer Satz durch Verſuche beſtätigt werden. Melloni hat die Reſultate ſeiner Verſuche ſelbſt in folgender Tafel zuſammengeſtellt,

Namen der Körper.	Ablenkung des Galvanometers.	Durchgelaſſene Strahlen.
Tafel I.		
Farbloſe Gläſer; gemeinſchaftliche Dicke 1^{mm},88.		
Kein Schirm	30°,00	100
Flintglas von Guinand	22,90	67
— engliſches	22.43	65
— franzöſiſches	22,36	64
— andere Art	22,19	64
Spiegelglas	21,89	62
— andere Art	21,10	60
— andere Art	20,78	59
Kronglas franzöſiſches	20,58	58
Fenſterglas	19,25	54
— andere Art	18,56	52
— andere Art	17,83	50
Kronglas, engliſches	17,22	49
Tafel II.		
Flüſſigkeiten; gemeinſchaftliche Dicke 9^{mm},21.		
Spiegelglas	19,10	53
Schwefelkohlenſtoff (farblos)	21,96	63
Chlorſchwefel, ſtark rothbraun	21,83	63
Phosphorchlorür, farblos	21,80	62
Chlorkohlenwaſſerſtoff, farblos	13,27	37
Nußöl, gelb	11,10	31
Terpentinöl, farblos	10,83	31
Rosmarinöl, farblos	10,46	30
Rüböl, gelb	10,38	30
Olivenöl, grüngelb	19,35	30
Natürl. Naphta, ſchwach braungelb	9,77	28
Copaivbalſam, merklich gelbbraun	9,39	26
Lavendelöl, farblos	9,28	26
Nelkenöl (ſehr ſchwach gelblich)	9,26	26
Rectificirte Naphta, farblos	9,10	26
Schwefeläther, farblos	7,59	21
Reine Schwefelſäure, farblos	6,15	17

Namen der Körper.	Ablenkung des Galvanometers.	Durchgelaſſene Strahlen.
Nordhäuſer Vitriolöl, merklich braun	6°,09	17
Ammoniaklöſung, farblos	5,47	15
Reine Salpeterſäure, farblos	5,36	15
Abſoluter Alkohol, farblos	5,30	15
Kalihydrat, farblos	4,63	13
Rectificirte Eſſigſäure, farblos	4,25	12
Brenzliche Holzſäure, ſchwach bräunlich	4,28	12
Zuckerwaſſer, farblos	4,20	12
Alaunlöſung, farblos	4,16	12
Salzwaſſer, farblos*)	4,15	12
Eiweiß, ſchwach gelb	4,00	11
Deſtillirtes Waſſer	3,80	11
Tafel III.		
Kryſtalliſirte Körper; gemeinſchaftliche Dicke $2^{mm},62$.		
Spiegelglas	21,60	62
Steinſalz, klar	28,46	92
Kalkſpath, klar	21,80	62
— anderer, klar	21,30	61
Bergkryſtall, farblos, klar	21,64	62
Rauchtopas, ſtark braun, klar	20,25	57
Braſilianiſcher Topas, farblos, klar	19,18	54
Weißbleierz, klar	18,35	52
Weißer Agat, durchſcheinend	12,48	35
Schwerſpath, klar, ſchielend geſtreift	11,72	33
Aquamarin, klar, ſchwach blau	10,16	29
Gelber Agat, durchſcheinend	10,10	29
Borax, durchſcheinend	9,87	28
Turmalin, klar, grün	9,54	27
Adular, klar, ſchielend geſtreift	8,30	24
Gyps, klar	7,15	20
Flußſpath, klar, ſchielend geſtreift	5,40	15
Citronenſäure, klar	5,15	15
Sardonyx, durchſcheinend	4,98	14
Kohlenſ. Ammoniak, klar, ſchielend geſtreift	4,50	13
Weinſaures Kali-Natron, klar	4,40	12
Alaun (Alun de glace), klar	4,36	12
Schwefelſaures Kupfer, klar, ſtark blau	0,00	0
Tafel IV.		
Gefärbte Gläſer; gemeinſchaftliche Dicke $1^{mm},85$.		
*Dunkelviolett	18,62	53
Gelblich roth (plaqué)	18,58	53
Purpurroth (dito)	18,10	51
*Lebhaft roth	16,54	47

*) Zu dieſer Löſung wurde recht reines Steinſalz angewandt und das Waſſer völlig geſättigt.

Namen der Körper.	Ablenkung des Galvanometers.	Durchgelaſſene Strahlen.
Blaß violett	16°,08	45
Orangeroth	15,49	44
Hellblau	15,00	42
Dunkelgelb	14,12	40
Schön gelb	12,08	34
Goldgelb	11,75	33
* Dunkelblau	11,60	33
* Apfelgrün	9,15	26
Mineralgrün	8,20	23
Sehr dunkelblau	6,88	19

Die Ablenkung bei freier Strahlung ohne Schirm betrug ſtets 30°, und die bei dieſer Ablenkung auffallenden Wärmeſtrahlen wurden gleich 100 geſetzt. Leicht iſt es nun, mit Hilfe der S. 808 angeführten Tafel die zu jeder Ablenkung gehörigen Wärmeſtrahlen bezogen auf die gleich 100 geſetzte Geſammtſtrahlung zu berechnen. Eben ſo iſt das Verfahren bei den Verſuchen, deren Reſultate Taf. III. und IV. enthält. Bei den Verſuchen mit Flüſſigkeiten iſt aber eine andere Art und Weiſe nöthig. Es bedarf eines Gefäßes mit genau parallelen Wänden, und da dieſes ſchwierig zu erhalten, ſo hilft ſich Melloni auf folgende Art, denn ſelbſt Metallröhren mit eingekitteten Gläſern ſind unbrauchbar wegen der auflöſenden Kraft verſchiedener Flüſſigkeiten. Er ließ in mehre recht dicke Stücke unbelegten Spiegelglaſes 2 Centimeter breite und 9 Centimeter lange Oeffnungen ausſchneiden, und belegte ihre Seiten mit dünnen Platten von Spiegelglas, welche noch dazu durch zwei Metallrahmen auf jeder Seite feſtgehalten wurden. In die Oeffnung des mittelſten Glaſes ward nun die Flüſſigkeit gebracht, und dann der Strahlung ausgeſetzt. Um die Reſultate der verſchiedenen Tafeln mit einander vergleichen zu können, iſt die Menge der Strahlen angegeben, welche ein unter gleichen Umſtänden ſich befindendes Spiegelglas durchläßt. So war das Glas in der zweiten Tafel von dem nämlichen dicken Spiegelglaſe, aus dem die durchlöcherten Stücke geſchnitten waren, hatte alſo genau die Dicke der flüſſigen Schichten, und ſtand wie dieſe in Berührung mit den beiden Seitengläſern. Da aber durch dieſe Seitengläſer ſchon ein Theil der Wärme aufgefangen wurde, ſo ward die Lampe ſo weit genähert, bis ſie durch alle drei Gläſer hindurch eine Ablenkung von 19° erzeugte, welche das Spiegelglas, allein der freien Strahlung ausgeſetzt, hervorbrachte. — Wir ſehen in obiger Zuſammenſtellung viele Körper, welche, obwohl gefärbt, doch mehr Wärmeſtrahlen durchlaſſen, als andere farbloſe. So läßt der ziemlich dunkelrothbraune Chlorſchwefel mehr Wärmeſtrahlen durch, als das viel hellere Nuß-, Oliven- u. Rüböl, und letztere wieder mehre als ganz farbloſe Schwefelſäure, Salpeterſäure, Aether, Alkohol und Waſſer.

Eben ſo verhält es ſich auch mit feſten Körpern. Den auffallendſten Beweis hiezu gibt der rauchfarbene Bergkryſtall oder Rauchtopas und der Alaun. Es läßt der ſehr ſtark braune Rauchtopas 57, und der ganz klare waſſerhelle Alaun nur 12 Strahlen durch, wenn beide Körper die Dicke $2^{mm},62$ haben, und die Menge der einfallenden Strahlen gleich 100 geſetzt wird. Selbſt als Melloni einen Rauchtopas von 86 Millimeter Dicke, der ſo dunkel gefärbt, daß man nicht einmal beim hellen Tageslichte darunter gelegte Schriftzüge erkennen konnte, anwandte, wurde die Nadel noch bis auf 19° abgelenkt, während durch eine nur anderthalb Millimeter dicke ſehr klare Alaunplatte nur eine Abweichung von 6° erhalten wurde. — Da nun das Vermögen der Körper, Wärmeſtrahlen durchzulaſſen, nicht abhängt von dem Vermögen, die Lichtſtrahlen durchzulaſſen, ſo ſchlägt Melloni vor, nach Analogie der Worte transparent und diaphan für Licht, Körper, welche ſich auf ähnliche Weiſe gegen die Wärme verhalten, transcaloriſche oder diathermane zu nennen. Indeß ſcheint zum Durchlaß von Wärmeſtrahlen doch ſtets ein gewiſſer Grad von Durchſichtigkeit erforderlich zu ſein, indem Metalle, Hölzer, Marmor, welche für das Licht ganz undurchdringlich ſind, auch den Wärmeſtrahlen keinen Durchgang geſtatten. Ein ſchwarzes ganz undurchſichtiges Glas, wie es zu Polariſationsſpiegeln gebraucht wird, läßt indeß noch Wärmeſtrahlen hindurch. Wie ſchon oben erwähnt, ſcheint die Diathermität, d. h. das Vermögen Wärmeſtrahlen durchzulaſſen, bei Gläſern und Flüſſigkeiten parallel mit der Brechbarkeit zu gehen. Aber von Kryſtallen und kryſtalliſirten Körpern gilt dieſes nicht. Man möchte die großen Unterſchiede der Diathermität bei dieſen letztern mehr von dem eigenthümlichen Gefüge, als von der chemiſchen Natur abhängig betrachten. Es iſt übrigens dabei ganz gleich, in welcher Richtung die Platte aus dem Kryſtall geſchnitten.

Die Menge der durchgelaſſenen Strahlen ändert ſich bei allen Subſtanzen, mit Ausnahme einer einzigen, wenn die Dicke derſelben zunimmt, und auch mit Veränderung der Wärmequelle. So wurden vier Stücke eines Spiegelglaſes von der Dicke 1, 2, 3, 4 angewandt, und nachſtehende Reſultate erhalten. Die Nadel ward durch freie Strahlung auf 30° abgelenkt, und dann die Glasplatte dazwiſchen geſtellt.

Dicke der Glasſchirme.	Ablenkungen des Galvanometers.	Entſprechende Kräfte.
$2^{mm},068$	21°,625	21,850
4,136	20,312	20,343
6,202	19,687	19,687
8,272	19,375	19,375

Die Kraft, welche der freien Strahlung 30° entſpricht, iſt 35,3. Dividirt man alſo die Zahlen der dritten Columne durch 35,3, ſo erhält man das Verhältniß der durchgelaſſenen Strahlung zur einfallen-

den. Der Unterſchied zwiſchen jedem dieſer Quotienten und der Einheit gibt den entſprechenden Verluſt. Setzt man nun die geſammte Strahlung = 1000, ſo ergeben ſich

Ordnungszahl der Schirme.	Durchgelaſſene Strahlen.	Aufgefangene Strahlen.
1	619	381
2	576	424
3	558	442
4	549	451

Es iſt alſo offenbar die Abnahme der durchgelaſſenen Strahlen nicht proportional der wachſenden Dicke der Gläſer. Es läßt dieſe Eigenſchaft der ſtrahlenden Wärme auf ein neues Geſetz ſchließen, daß nämlich ein Körper um ſo leichter von ihnen wird durchdrungen werden, wenn ſie aus einem andern ihm gleichen austreten. Doch hiervon nachher. Eben daſſelbe zeigt ſich auch bei Flüſſigkeiten, denn Schichten Rüböl von verſchiedener Dicke gaben

Dicke der Flüſſigkeitsſchicht.	Durchgelaſſene Strahlen.	Aufgefangene Strahlen.
6mm,767	443	557
13,535	363	637
27,069	294	706
54,139	270	730
81,209	255	745
108,279	244	756

wenn man ganz dieſelbe Operation mit den erhaltenen Ausſchlägen der Nadel vornahm, wie bei den feſten Körpern.

Nur einen einzigen Körper gibt es, der bei jeder Dicke ſtets eine gleiche Anzahl von Strahlen durchläßt, nämlich das Steinſalz. Von 100 aufgefallenen Strahlen läßt es nämlich ſtets 92 durch, dieſe Strahlen mögen beſchaffen ſein, wie ſie wollen.

Aber nicht nur mit der Dicke der angewandten Subſtanz, ſondern auch mit der Veränderung der Wärmequellen ändert ſich die Menge der durchgelaſſenen Strahlen, und ſie erhalten ein größeres Vermögen, die dazwiſchen geſtellten Körper zu durchdringen, oder ſie werden, um es anders auszudrücken, um ſo viel brechbarer (ſ. unten über Wärme im Sonnenſpectrum), je höher die Temperatur der Wärmequelle iſt. Es mögen hier die von Melloni aufgefundenen Reſultate angeführt werden. Er bewirkte durch Annäherung oder Entfernung der Wärmequelle ſtets einen Ausſchlag der Nadel des Galvanometers von 30°, und aus dem verringerten Ausſchlag nach Zwiſchenſtellung der Platten

ward die Anzahl der durchgelaſſenen Strahlen, die der auffallenden = 100 geſetzt, berechnet. Die angewandten Wärmequellen ſind die früher ſchon S. 806 erwähnten.

Dicke der Glasſcheiben.	Durchläſſe des Glaſes auf 100 Wärmeſtrahlen			
	der Locatelliſchen Lampe.	des glühenden Platins.	des geſchwärzten bis 390° C. erhitzten Kupfers.	des geſchwärzten bis 100° C. erhitzten Kupfers.*)
0mm,07	77	57	34	12
0,5	54	37	12	1
1,	46	31	9	0
2	41	25	7	0
4	37	20	5	0
6	35	18	4	0
8	33,5	17	3,4	0

Man ſieht bei einem Blick auf dieſe Tafel, daß die Anzahl der von einer Subſtanz bei derſelben Dicke durchgelaſſenen Strahlen abnimmt mit der Temperatur der Wärmequelle. So iſt es nicht nur beim Glaſe, ſondern mit allen übrigen Körpern, mit Ausnahme des Steinſalzes. Folgende Tafel gibt uns den Beweis hiezu.

Dazwiſchen geſetzte Subſtanzen, gemeinſame Dicke 2mm,6. Die durchgelaſſenen Mengen ſind in Hundertttheilen der einfallenden Menge ausgedrückt und immer gemeſſen unter der Einwirkung einer gleich ſtarken Strahlung von jeder der Wärmequellen.	Durchgelaſſen von 100 Wärmeſtrahlen			
	der Locatelliſch n Lampe.	des glühenden Platin.	des bis 390° C. erhitzten und geſchwärzten Kupfers.	des bis 100° C. erhitzten und geſchwärzten Kupfers.
Steinſalz, klar farblos	92	92	92	92
Flußſpath, klar farblos	78	69	42	33
Steinſalz, durchſichtig, ſchielend	65	65	65	65
Berill, klar grüngelb	54	23	13	0
Flußſpath, klar grünlich	46	38	24	20
Kalkſpath, klar farblos	39	28	6	0
— anderer, klar farblos	38	28	5	0
Spiegelglas, klar farblos	39	24	6	0

*) Es iſt das Gefäß mit ſiedendem Waſſer gemeint.

Dazwiſchen geſetzte Subſtanzen, gemeinſame Dicke 2mm,6.	Durchgelaſſen von 100 Wärmeſtrahlen			
	der Locatelliſchen Lampe.	des glühenden Platin.	des bis 390° C. erhitzten u. geſchwärzten Kupfers.	des bis 100° C. erhitzten u. geſchwärzten Kupfers.
Spiegelglas, anderes, klar farblos	38	26	5	0
Bergkryſtall, klar farblos	38	28	6	0
Rauchtopas, klar braun	37	28	6	0
Saures chromſaures Kali, klar, lebhaft orange	34	28	15	0
Topas, klar farblos	33	24	4	0
Weißbleierz, klar farblos	32	23	4	0
Schwerſpath, klar ſchwach ſchielend	24	18	3	0
Achat, durchſcheinend weiß	23	11	2	0
Adular, klar ſchielend geſtreift	23	19	6	0
Amethyſt, klar violett	21	9	2	0
Künſtl. Bernſtein, klar gelb	21	5	0	0
Aquamarin, klar blaugrün	19	13	2	0
Achat, durchſcheinend gelb	19	12	2	0
Borax, durchſcheinend weiß	18	12	8	0
Turmalin, klar dunkelgrün	18	16	3	0
Ochſenhorn, durchſchein. nußbraun	18	4	0	0
Gemeines Gummi, klar gelblich	18	3	0	0
Schwerſpath, klar ſchielend geſtreift	17	11	3	0
Gyps, klar farblos	14	5	0	0
Sardonyx, durchſcheinend braun	14	7	2	0
Citronenſäure, klar farblos	11	2	0	0
Kohlenſ. Ammoniak, klar ſchielend geſtreift	12	3	0	0
Weinſaures Kali-Natron, klar farblos	11	3	0	0
Natürl. Bernſtein, durchſcheinend gelb	11	5	0	0
Alaun, klar farblos	9	2	0	0
Leim, klar gelbbraun	9	2	0	0
Perlmutter, durchſcheinend weiß	9	0	0	0
Kandis, klar farblos	8	0	0	0
Flußſpath, durchſcheinend grün	8	6	4	3
Geſchmolzener Zucker, klar gelblich	7	0	0	0
Eis, ſehr rein, klar farblos	6	0	0	0

Die Ordnung, in welcher die verſchiedenen Stoffe nach ihrem Durchlaſſungvermögen für die Strahlen einer Locatelliſchen Lampe geordnet ſind, bleibt nicht dieſelbe, wenn anſtatt dieſer Wärmequelle eine andere ſubſtituirt wird; indeß ſtets iſt die Anzahl der durchgelaſſenen Strahlen geringer, je niedriger die Temperatur der Wärmequelle iſt. Nicht ſo verhält es ſich mit den Lichtſtrahlen; denn bei dieſen behalten die Bilder zweier ungleich hell leuchtender Körper durch eine Glasplatte angeſehen, daſſelbe Verhältniß ihrer Helligkeit, welches ſie haben, wenn

man ſie gerade zu betrachtet. Nur das Steinſalz läßt von 100 Strahlen ſtets 92 durch, und auch für mehre hinter einander gelegte Stücke deſſelben, die zuſammen eine Dicke von 86 Millimeter geben, war die Menge der durchgelaſſenen Strahlen bei allen vier Wärmequellen gleich. Es iſt für die Wärme das Steinſalz alſo der allein farbloſe Körper, während alle andern wie farbige Mittel auf das Licht wirken, ſie fangen die Strahlen gewiſſer Wärmequellen auf, laſſen aber die Strahlen anderer durch. — Es iſt aber der Quantitätsunterſchied der durchgelaſſenen Strahlen bei den verſchiedenen Körpern nicht der einzige, ſondern es wirken die verſchiedenen Körper ganz wie farbige Mittel auf Lichtſtrahlen, indem die aus der einen Platte austretenden für eine andere dahinter ſtehende mehr oder weniger durchdringlich ſind. Läßt man durch verſchiedene Platten Wärmeſtrahlen durchgehen, bringt durch Annäherung der Locatelliſchen Lampe vermittels der durchgelaſſenen Wärmeſtrahlen ſtets eine Abweichung der Nadel von 30° hervor, und läßt dann die durchgegangenen Wärmeſtrahlen auf eine Alaunplatte fallen, ſo werden, obwohl die Menge der aus der erſten Platte austretenden Wärmeſtrahlen gleich gemacht iſt, doch ſehr verſchiedene Mengen von der Alaunplatte durchgelaſſen. Dieß zeigt folgende Tafel.

Schirme, aus denen 100 Wärmeſtrahlen treten, die nun ſucceſſiv auf eine und dieſelbe Alaunplatte fallen.	Anzahl der von dieſer Alaunplatte durchgelaſſenen Strahlen.
Kein Schirm	9
Steinſalz, klar	9
Steinſalz, ſchielend	9
Borax	11
Adular	14
Kalkſpath	22
Bergkryſtall	25
Spiegelglas	27
Kohlenſaures Ammoniak	31
Gyps	72
Weinſaures Kali-Natron	80
Citronenſäure	85
Alaun	90

Es haben alſo die durch verſchiedene Platten durchgegangenen Strahlen ganz die Eigenſchaften der Lichtſtrahlen, die aus einem farbigen Mittel austreten, und durch eine zweite durchſichtige und farbige Subſtanz in größerer oder geringerer Menge hindurch dringen, je nachdem die Farbe des erſten Mittels der des zweiten mehr oder weniger analog iſt. Die aus verſchiedenen Subſtanzen austretenden Wärmeſtrahlen haben alſo eine dieſem Körper eigenthümliche Diathermanſie erlangt. Nur Steinſalz hat keine Veränderung der durchgegangenen Wärmeſtrahlen bewirkt, es iſt alſo auch in dieſer Beziehung für die Wärme farblos.

Melloni kehrte die Verſuche um, indem er die zu einer Alaunplatte ausfahrenden Strahlen mit Platten anderer Subſtanz auffing.

Statt des Alauns nahm er auch Gips u ſ. w., und erhielt folgende Reſultate. Nach dem Durchgang durch die erſte Platte betrug die Strahlung ſtets 30°.

Namen der dazwiſchen aufgeſtellten Subſtanzen. Dicke der Platten, wo ſie nicht eigends anders angegeben, $2^{mm},6$.	Durchgelaſſen von 100					
	unmittelbar. Strahlen d. Lampe.	zum Alaun ausfahrend. Strahlen. (Dicke $2^{mm},6$).	zum Gips ausfahrend. Strahlen. (Dicke $2^{mm},6$).	zum chromſ. Kali ausfahrenden Strahl. (Dicke $2^{mm},6$.)	zum grünen Glaſe ausfahrenden Strahl. (Dicke $1^{mm},85$).	zum ſchwarzen Glaſe ausfahrenden Strahl. (Dicke $1^{mm},85$).
Steinſalz	92	92	92	92	92	92
Flußſpath	78	90	91	88	90	91
Beryll	54	80	91	66	70	57
Kalkſpath	39	91	89	56	59	55
Glas, Dicke $0^{mm},5$	54	90	85	68	87	80
Glas, Dicke 8^{mm}	34	90	82	47	56	45
Bergkryſtall	38	91	85	52	78	54
Saures chromſaures Kali	34	57	53	71	28	24
Schwerſpath	24	36	47	25	60	57
Weißer Agat	23	70	78	30	43	17
Adular	23	23	58	43	50	23
Bernſtein	21	65	61	20	13	8
Schwarzer opaker Glimmer, Dicke $0^{mm},9$	20	0,4	12	16	38	43
Gelber Agat	19	57	64	24	35	14
Aquamarin	19	60	57	26	20	21
Borax	18	23	33	23	30	24
Grüner Turmalin	18	1	10	14	24	30
Gemeines Gummi	18	61	52	12	6	4
Gips	14	59	54	22	9	15
— (Dicke 12^{mm})	10	56	45	17	5	0,4
Kohlenſaures Ammoniak	12	44	34	11	6	5
Citronenſäure	11	88	52	16	3	2
Weinſaures Kali-Natron	11	85	60	15	2	1
Alaun	9	90	47	15	0,5	0,3
Farbige Gläſer, jedes $1^{mm},85$ dick.						
Weißes Glas	40	90	83	50	67	55
Violettes Glas	34	76	72	42	56	47
Rothes Glas	33	74	69	41	54	45
Orangefarbenes Glas	29	65	58	36	48	39
Apfelgrünes Glas	25	3	20	22	55	50
Mineralgrünes Glas	23	1	15	19	52	58
Gelbes Glas	22	49	46	27	35	30
Blaues Glas	21	47	42	26	34	29
Undurchſichtig ſchwarzes Glas	16	0,5	18	11	42	52
Indigfarbenes Glas	12	27	26	14	20	17

Wir finden auch hier wieder, daß die Körper, wenn ſie den aus Platten austretenden Wärmeſtrahlen ausgeſetzt werden, nicht mehr dieſelbe Ordnung des Wärmedurchlaſſes beibehalten, welche ſie unter der unmittelbaren Strahlung der Lampe zeigen. Am meiſten durchdringlich werden die Strahlen für einen Körper derſelben Subſtanz, durch welche ſie ſchon gegangen ſind. So gehen freie Strahlen von 100 nur 9 durch den Alaun, während von 100 aus einer Alaunplatte getretenen 90 die folgende durchdringen. Und dieſer Verluſt rührt nicht einmal ganz von der Abſorptionskraft des Alauns, ſondern zum größten Theil von der Reflexion der Wärmeſtrahlen an beiden Flächen her.

Hierin liegt auch der Grund, warum bei verſchiedener Dicke der Platten die Menge der aufgefangenen Strahlen nicht proportional der Dicke abnimmt. Denkt man ſich den dickſten jener vier Glasſchirme in der Tafel S. 812. in vier gleich dicke getheilt, ſo ſind die einfallenden Wärmemengen reſpective auf dieſe vier ideellen Schirme

1000 619 576 558

und die bei dem Durchgang verlorene Strahlenmenge iſt

381 424 — 381 442 — 424 451 — 442

d. h. 381 43 18 9

Alſo hat man für den Verluſt in jedem der ideellen Schirme, bezogen auf die einfallenden Strahlen

$\frac{381}{1000}$ $\frac{43}{619}$ $\frac{18}{576}$ $\frac{9}{558}$

oder 0,381 0,071 0,031 0,016

Es verringern ſich die Verluſte alſo ſehr ſchnell, wenn die Dicke um eine conſtante Größe zunimmt. Ganz ähnlich ſind die bei Flüſſigkeiten gefundenen Reſultate.

De la Roche hatte ſchon gefunden, daß Wärmeſtrahlen, die eine Glasplatte durchdrangen, in einer zweiten viel weniger abſorbirt werden. Melloni zeigte, daß dieſes Geſetz noch gültig iſt bei mehren Glastafeln. Er nahm 4 Stück Spiegelglas von $2^{mm},068$ Dicke, und erhielt, wenn er die Anzahl der Schirme vermehrte, folgende Ablenkungen.

Anzahl der Schirme.	Ablenkungen des Galvanometers.	Von 1000 Strahlen	
		Durchgelaſſen	Aufgefangen
1	21°,62	619	381
2	18,75	531	469
3	17,10	484	515
4	15,90	450	540

Berechnet man hieraus die Verluſte, welche die Strahlen beim ſucceſſiven Durchgange durch die vier Glasſcheiben erleiden, aber bezogen auf die Menge der auf jede einfallenden Strahlen, ſo findet man

0,381. 0,134. 0,087. 0,058.

Der Verluſt iſt hier offenbar größer als bei den ideellen vier Glasſchichten; indeß der Grund liegt nahe. Es bilden dieſe letzten vier Platten kein Ganzes, ſondern zwiſchen ihnen iſt Luft, ſo daß die Wärme durch die Reflexion an mehren Flächen ſich mehr zerſtreuen kann.

Beim Durchgange durch Platten erleiden die Wärmeſtrahlen nicht bloß eine Veränderung ihrer Durchdringlichkeit für andere Platten, ſondern auch, wie Powell nachgewieſen hat, eine größere oder geringere Fähigkeit in verſchiedener Menge von weißen und ſchwarzen Flächen abſorbirt zu werden. Er nahm zwei gleich empfindliche Thermometer, bemalte die Kugel des einen weiß und die des andern ſchwarz. Powell fand das Abſorptionsverhältniß zwiſchen dem ſchwarzen und weißen Thermometer bei glühendem Eiſen als Wärmequelle = 100 : 78, und bei einer Argandſchen Lampe = 100 : 72. Bei einer durch eine Glasplatte gegangenen Strahlung wurden dieſe Verhältniſſe 100 : 50, und 100 : 57. Noch leichter iſt die von Melloni angewandte Methode, das eine Ende ſeiner Säule ſchwarz, und das andere weiß zu bemalen. Man braucht dann nur Einen thermoſkopiſchen Körper. Seine Reſultate ſind denen von Powell ganz analog. Die jedesmal auf der ſchwarzen Fläche hervorgebrachte Wirkung iſt durch 100 dargeſtellt.

Strahlende Wärme der Locatelliſchen Lampe, direct oder durch verſchiedene Schirme gegangen.	Abſorptionskraft der ſchwarzen Fläche.	Abſorptionskraft der weißen Fläche.
Directe Strahlen der Lampe	100	80,5
Durchgelaſſene vom Steinſalz	—	80,5
— — Alaun	—	42,9
— — farbloſen Glaſe	—	54,2
— — hellrothen Glaſe	—	60,6
— — dunkelrothen Glaſe	—	77,8
— — hellgelben Glaſe	—	55,5
— — dunkelgelben Glaſe	—	63,6
— — hellgrünen Glaſe	—	67,4
— — dunkelgrünen Glaſe	—	70,5
— — hellblauen Glaſe	—	61,0
— — dunkelblauen Glaſe	—	66,9
— — hellvioletten Glaſe	—	67,6
— — dunkelvioletten Glaſe	—	76,7
— — undurchſichtigen ſchwarzen Glaſe	—	84,6

Alſo auch hier ändert das Steinſalz durchaus die Eigenſchaften der ſtrahlenden Wärme nicht. Alaun ändert das Verhältniß zwiſchen der Abſorption beider Flächen bedeutend ab. Die Wirkung der farbigen

Gläſer iſt deſto ſchwächer, je dunkler ihre Farbe iſt, und dieß zeigt ſich am auffallendſten und merkwürdigſten ſogar noch an dem ganz undurchſichtigen ſchwarzen Glaſe, indem die hindurchgegangenen Wärmeſtrahlen ſelbſt ſtärker von der weißen Fläche abſorbirt werden, als die unmittelbaren Strahlen der Lampe.

Auch durch die Farbe werden Veränderungen in der Menge der durchgelaſſenen Wärmeſtrahlen bewirkt, aber die Menge der durchgelaſſenen Strahlen iſt bei den farbigen Gläſern immer kleiner, als bei farbloſen, wenn beide gleiche Dicke haben.*)

Glasſchirme, ausgeſetzt der Strahlung einer Locatelliſchen Lampe, jeder 1^{mm},85 dick.	Durchgelaſſen von 100 Wärmeſtrahlen.
Weißes Glas	40
Dunkelrothes Glas	33
Orangefarbenes Glas	29
Lebhaft gelbes Glas	22
Apfelgrünes Glas	25
Mineralgrünes Glas	23
Blaues Glas	21
Indigfarbenes Glas	12
Dunkel violettes Glas	34
Schwarzes undurchſichtiges Glas	17

Es findet alſo offenbar eine Wärmeabſorption durch den Farbeſtoff ſtatt. Es fragt ſich nun, ob dieſe Abſorption für gewiſſe Strahlengattungen ſtärker als für andere, oder für alle ohne Unterſchied gleich ſtark iſt? Folgende Reſultate Melloni's beweiſen, daß das erſte ſtattfindet.

Schirme, aus denen 100 Wärmeſtrahlen treten, und darauf ſucceſſiv auf eine und dieſelbe Alaunplatte fallen.	Anzahl der von dieſer Alaunplatte durchgelaſſenen Strahlen.
Weißes Glas	27
Rothes Glas	27
Orangefarbenes Glas	27
Gelbes Glas	27
Apfelgrünes Glas	5
Mineralgrünes Glas	3
Blaues Glas	27
Indigfarbenes Glas	27
Violettes Glas	27
Schwarzes undurchſichtiges Glas	1

*) Die Wärmeſtrahlen fahren alſo aus durchſichtigen Schirmen mit verſchiedenen Eigenſchaften aus und beſitzen (wie es Melloni nennt), die der von ihnen durchdrungenen Subſtanz eigenthümliche Diathermanſie, d. h. die Eigenſchaft, welche in Bezug auf die ſtrahlende Wärme die Farbe eines Mittels vorſtellt.

Merkwürdig iſt es, daß die aus rothem, orangefarbenem, gelbem, blauem, indigfarbenem und violettem Glaſe austretenden Wärmeſtrahlen eine Alaunplatte in demſelben Verhältniß durchdringen, als die aus farbloſem Glaſe austretenden, während die durch grünes und ſchwarzes hindurchgegangenen faſt undurchſichtig ſind für die Alaunplatte. Es ſcheint dieſes grüne Glas ſehr viel Kupferoxyd zu enthalten. Aber nicht bloß bei farbigen Gläſern, ſondern auch bei andern Körpern zeigt ſchwarz und grün dieſe merkwürdige Eigenthümlichkeit.

Schirme, aus welchen die 100 Wärmeſtrahlen treten, die darauf ſucceſſiv auf eine und dieſelbe Alaunplatte fallen.	Zahl der von dieſer Alaunplatte durchgelaſſenen Strahlen.
Undurchſichtig ſchwarzer Glimmer	2
Grüner Turmalin	7
Schwerſpath	12
Saures chromſaures Kali	14
Weißer Glimmer	15
Beryll	19
Aquamarin	19
Perl-Agat	24
Gelber Agat	24
Gelber Bernſtein	30
Gummi	45

Der grüne Turmalin und der ſchwarze Glimmer verhalten ſich analog den Gläſern gleicher Farbe. Beryll und Aquamarin, obwohl an Farbe verſchieden, laſſen doch eine gleiche Menge Strahlen hindurch. Vergleiche auch über die durch Farbe erzeugten Veränderungen die Taf. S. 817 und S. 819.

Der ganze Verluſt beim Durchgang durch verſchiedene Körper rührt indeß nicht von der Abſorptionskraft derſelben allein her, ſondern ein Theil wird auch von den beiden Flächen reflectirt. Dieſer reflectirte Theil läßt ſich indeß leicht finden. Da das Steinſalz ſelbſt bei ſtarker Dicke ſtets dieſelbe Menge abſorbirt, und den durchgegangenen Strahlen gar keine neue Modification einprägt, ſo muß der Verluſt bei ſeinem Durchgange einzig und allein der Reflexion an beiden Flächen zugeſchrieben werden. Es beträgt, da das Steinſalz ſtets 0,923 der auffallenden Wärme durchläßt, der Verluſt alſo ſtets $1 - 0,923 = 0,077$ oder 0,08. Iſt nun die einfallende Wärmemenge $= 1$, und R der an der Vorderfläche reflectirte Antheil, ſo wird nur noch $1 - R$ in die Maſſe dringen, und $R\,(1 - R)$ wird der von der Hinterfläche reflectirte Theil ſein. Die Summe beider reflectirten Mengen und der durchgelaſſenen müſſen gleich der Einheit ſein; alſo

$$R + R\,(1 - R) + 0,923 = 1$$

oder löſt man dieſe quadratiſche Gleichung auf:

$$R = 1 \pm \sqrt{0,923} = 1 \pm 0,9607$$

Das obere Zeichen iſt nicht brauchbar, weil die reflectirte Menge ſonſt

größer als die auffallende würde; es iſt alſo nur das untere richtig, und R alſo = 0,0393, die von der Hinterfläche reflectirte Menge iſt aber gleich den von beiden reflectirten weniger der von der vordern, alſo = 0,077 — 0,0393 = 0,0377. Daß dieſer Werth auch für die Reflexionen an den Flächen der übrigen Körper gelte, läßt ſich durch Verſuche leicht darthun, indem man eine ſehr dünne Platte hinter eine ziemlich dicke derſelben Subſtanz ſtellt, wo dann von der auf die hintere dünnere fallenden Wärmemenge ſtets ſehr nahe 0,923 durchgelaſſen wird. Ja nicht bloß für eine Platte derſelben Subſtanz gilt dieſes Geſetz, ſondern ſelbſt noch, wenn die dünne und dicke Platte verſchiedener Natur ſind, ſobald die letzte nur für die Strahlen der Wärme weniger durchgänglig iſt. So läßt eine dünne Bergkryſtallplatte 0,923 von der aus einer dicken Glasplatte austretenden Strahlen, und eine dünne Glasplatte eben ſo viel von den aus Alaun oder Waſſer heraustretenden Strahlen durch. Ja eine ſechs bis acht Millimeter dicke Platte von Glas oder Bergkryſtall läßt von den durch eine ein bis zwei Millimeter dicke Waſſer- oder Alaunſchicht gegangenen Strahlen eben ſo gut noch 0,923 durch.

Daß die Wärmeſtrahlen von polirten Flächen gerade ſo wie die Lichtſtrahlen reflectirt werden, d. h. daß der Einfallswinkel dem Zurückwerfungswinkel gleich iſt, wußte man ſchon lange und konnte es durch einen ſehr einfachen Verſuch beweiſen. Stellt man nämlich die Kugel eines Thermometers in den Brennpunkt eines Hohlſpiegels, und läßt aus einiger Entfernung Wärmeſtrahlen auf dieſen fallen, während man durch einen kleinen Schirm die Thermometerkugel gegen die unmittelbar von der Wärme kommenden Strahlen ſchützt, ſo wird das Thermometer Temperaturerhöhung anzeigen. Ja man kann ſelbſt zwei ſolcher metallenen Hohlſpiegel nehmen, Fig. 404., in den Brennpunkt des einen die Wärmequelle, und in den des andern die Thermometerkugel bringen. Die aus dem Brennpunkt des erſten Spiegels auf dieſen auffallenden und von ihm parallel gemachten Wärmeſtrahlen fallen auf den zweiten, und werden in deſſen Brennpunkt concentrirt, wie das Thermoteter deutlich zeigt. Da nun der Brennpunkt für Wärmeſtrahlen derſelbe iſt als für Lichtſtrahlen, ſo muß nothwendig der Einfallswinkel dem Reflexionswinkel, ganz wie beim Licht, gleich ſein.

Aber nicht bloß die Reflexion haben die Wärmeſtrahlen mit den Lichtſtrahlen gemein, ſondern auch die Brechbarkeit. Zur Unterſuchung der Brechbarkeit wird man aber nach Melloni's Vorgange Prismen aus der für die Wärme allein durchſichtigen Subſtanz, aus Steinſalz anwenden. Melloni brachte deßhalb vor der Mündung des geſchwärzten Rohrs, deſſen Axe aus der Richtung der einfallenden Strahlen herausgerückt war, ein verticalſtehendes Steinſalzprisma an, mit ſeinem brechenden Winkel in den Winkel geſtellt, welchen die Wärmeſtrahlen mit der Axe des Rohrs bildeten. Fig. 405. War das Prisma nicht da, ſo zeigte das Galvanometer keine Ablenkung; ſobald aber das Prisma vorgeſetzt wurde, zeigte ſich eine bedeutende Ablenkung der Nadel, die aber augenblicklich wieder verſchwand, ſobald er den brechenden Winkel nach

der andern Seite richtete. Dieß gelang ſowohl mit den Strahlen der Lampe als auch des glühenden Platins und der nicht leuchtenden Wärmequellen. — Der Analogie nach müßte nun jede Gattung von Wärmeſtrahlen ebenſo wie jede Lichtgattung ihre eigene Brechbarkeit beſitzen, d. h. die aus einer Wärmequelle ausfahrenden Strahlen müßten brechbarer ſein, als die aus einer andern. Mit obiger Operationsweiſe kam Melloni zu keinem entſcheidenden Reſultate, weil die Oeffnung des Rohres doch ſtets einen gewiſſen Durchmeſſer hat, und das Prisma ſehr nahe vor der Oeffnung der Röhre iſt. Es werden alſo Strahlen, die unter einem wenig verſchiedenen Winkel gebrochen ſind, doch ſtets auf die Säule fallen. Aber auf einem andern Wege gelang es ihm dieſe Analogie zu beſtätigen. Er nahm nämlich einen eingetheilten Kreisbogen ABC Fig. 406. von 22 Zoll im Durchmeſſer, der mit einem beweglichen Lineal als Radius CD verſehen war, und auf deſſen Ende die thermoelektriſche Säule M angebracht war, die aus 15 in einer und derſelben Linie ſenkrecht auf die Ebene des Kreiſes geſtellten Plattenpaaren beſtand. Durch Hin- und Herführen der Säule auf dem eingetheilten Kreiſe läßt ſich leicht der Punkt des Maximums in dem gebrochenen Wärmeſpectrum beſtimmen. Hatte Melloni das Maximum der Wärme für vom glühenden Platin ausgehende Strahlen gefunden, ſo mußte er, um das Maximum der Wärme bei Anwendung der Locatelliſchen Lampe zu erhalten, die Säule ungefähr zwei Linien nach B fortrücken, bei Anwendung des erhitzten Kupfers aber drei Linien nach A. Auch läßt ſich durch einen Verſuch leicht beweiſen, was auch Melloni gethan hat, daß die dunklen Wärmeſtrahlen, nachdem ſie unter einem gewiſſen Winkel auf der Hinterfläche des Prismas angelangt ſind, in das Innere des Prismas zurückgeworfen werden, und dann zur Vorderfläche heraustreten, ganz wie das Licht. — Wegen dieſer Geſetze, die ganz den Geſetzen des Lichts entſprechen, iſt es auch möglich, die Wärmeſtrahlen durch eine Steinſalzlinſe in ihrem Brennpunkte zu ſammeln, und um die Wirkung eines heißen Körpers von kleinen Dimenſionen auf große Entfernungen fortzupflanzen, gewährt ſie das beſte und einfachſte Mittel, indem man den erhitzten Körper in den Brennpunkt der Linſe ſtellt, um die Strahlen parallel austreten zu laſſen. — Mit Hilfe dieſer Steinſalzlinſen iſt es Melloni auch gelungen, die von Forbes entdeckte Polariſation der Wärme zu bewerkſtelligen, und genauere Reſultate zu gewinnen als dieſer. Es laſſen nämlich die Turmaline nur ſehr wenig Wärme durch, und ihre Größe iſt ſehr gering, ſo daß das ausfahrende polariſirte Strahlenſyſtem nur ſehr ſchwach ſein kann. Bei zu großer Annäherung der Wärmequelle erhitzen ſich aber die Platten zu ſehr, und man müßte das Thermoſkop in große Entfernung ſtellen, wodurch wegen der Divergenz der Wärmeſtrahlen von neuem die Intenſität geſchwächt wird. Alles dieſes vermeidet Melloni, indem er durch Hülfe zweier Steinſalzlinſen die Wärmeſtrahlen concentrirt und parallel macht, ſo daß dieſe in ihrem ganzen Verlaufe einen Strahlencylinder bilden. Durch Verbindung einer Linſe von 2 Zoll Durchmeſſer und 3 Zoll Brennweite mit einer Linſe von 14 Linien erhielt er von den Turmalinen ausfahrende Strahlenbündel, welche die

Nadel auf 60 bis 80 Grad ablenkten, ſelbſt wenn die Säule ein Meter von der kleinen Flamme einer Locatelliſchen Lampe entfernt war. Die Polariſation, d. h. das Verhältniß der bei paralleler und rechtwinkliger Stellung der Axen jedes Turmalinpaars durchgelaſſenen Wärmemengen, iſt nach Beſchaffenheit der Turmaline ſehr verſchieden. Es ſchwankt zwiſchen 3 oder 4 Hunderteln bis zu 22 Hunderteln. Den größten Unterſchied geben die gelben, falben oder violetten Turmaline; blaue, welche das Licht wenig polariſiren, geben bisweilen eine größere Wärmepolariſation, als die grünen, welche die Lichtſtrahlen einer Flamme faſt vollſtändig auslöſchen. (Vergl. hierzu d. Art. Polariſation des Lichtes.)

Durch Dazwiſchenſtellung von Platten verſchiedener Subſtanzen und verſchiedener Dicke vor oder nach der Polariſation der Strahlen ändert ſich die Menge der polariſirten Strahlen. Den directen Strahlen ausgeſetzt polariſire ein violetter und falber Turmalin von 100 Strahlen 21; durch Dazwiſchenſtellung einer etwa drei Millimeter dicken Gipsplatte geht der Zeiger von 21 bis auf 37, bei einer eben ſo dicken Platte von weinſaurem Kali-Natron auf 45, von Waſſer auf 54, von Alaun auf 90°. Gewöhnliches Glas von gleicher Dicke, ebenſo rothes, orangefarbnes, gelbes, blaues, indigfarbnes und violettes Glas laſſen den Zeiger ruhig. Kupferoxyd, grün gefärbtes, und ſchwarzes undurchſichtiges Glas vermindert dagegen die Menge der polariſirten Wärme, und reducirt ſie auf 5 bis 6 Hundertel. Bei jeder Subſtanz nimmt die die Polariſation verſtärkende oder vermindernde Wirkung mit der Dicke zu. Eine Waſſerſchicht von 0,7 Millimeter Dicke bringt den Zeiger auf 36°, von 6 Millimeter Dicke auf 65°. Grünes oder ſchwarzes undurchſichtiges Glas, welches bei 0,5 Millimeter Dicke die Polariſation auf 20° bis 15° verringert, bringt ſie bei einer Dicke von 4 Millimeter auf 2 bis 3° herab. Bei Anwendung von grünen Turmalinen ſind das grüne und ſchwarze undurchſichtige Glas ganz ohne Wirkung, aber farbloſes Glas vermindert ſie bedeutend. Auch bei einem Paar grüngelber Turmaline, welche direct von 100 Wärmeſtrahlen 13 polariſiren, ſank bei Dazwiſchenſetzung eines zolldicken Glaſes der Zeiger auf 5° herab, und bei einem Paar dunkelgrüner Turmaline, welche von 100 Strahlen 7 polariſiren, bewirkt eine 2 bis 3 Millimeter dicke Platte gewöhnlichen Glaſes eine ſolche Verringerung, daß keine Spur von Polariſation wahrzunehmen war, bei Wärmemengen, welche am Galvanometer eine ſtarke Ablenkung erzeugten. Bei Anwendung einer Argandſchen Lampe zeigte ſich beim letzten Turmalinpaar dieſelbe Erſcheinung, indem der Glascylinder der Lampe die Stelle der dazwiſchen geſtellten Platte vertrat. »Es gibt alſo Umſtände, in denen die ſtrahlende Wärme nicht merklich von Turmalinen polariſirt wird, und dagegen andere, wo eine faſt vollſtändige Polariſation derſelben ſtattfindet.«

So wie beim Licht aber eine Polariſation durch Brechung ſtatt findet, ſo ſtand zu erwarten, daß auch die Wärme eine ſolche geben werde. Und wirklich gelang es auch Forbes vermittels kleiner Säulen von Glimmerblättchen die Polariſation durch Brechung wahrzunehmen. Er ließ nämlich auf eine ſolche aus Glimmerblättchen beſtehende Säule die Wärmeſtrahlen unter einem Winkel einfallen, und ſtellte un-

ter demſelben Winkel geneigt die zweite Säule dahinter. Durch dieſe zweite Säule gehen entweder die aus der erſten austretenden Strahlen durch, oder werden größtentheils aufgefangen, je nachdem die zweite Einfallsebene parallel oder ſenkrecht gegen die erſte iſt. Es kommt aber hierbei ſehr darauf an, daß die auffallenden Wärmeſtrahlen alle unter demſelben Winkel auffallen, alſo parallel unter einander ſind, weil mit dem Winkel ſich die Menge der polariſirten Strahlen ändert; dieß iſt leicht zu erreichen durch Hülfe einer Steinſalzlinſe, in deren Brennpunkt die Locatelliſche Lampe ſteht. Durch Vernachläſſigung dieſer Vorſichtsmaßregel ſind die Verſuche Forbes nicht genau, und er fand nach Verſchiedenheit der Wärmequellen größere oder geringere Polariſation. Ganz dawider ſind die Reſultate Melloni's, der ſich auch genau vorher überzeugte, daß die Erwärmung der Glimmerblättchen keine Wirkung ausübt, und daß ſelbſt, wenn beide Säulen parallel ſtehend um die Axe der einfallenden Wärmeſtrahlen gedreht wurden, die durchgelaſſene Wärmemenge conſtant blieb. Die bei dem Parallelismus und der Rechtwinklichkeit beider Ebenen durchgelaſſenen Wärmemengen verhielten ſich wie 100 : 43. Es waren alſo bei der zweiten Stellung 57 verſchwunden, d. h. der Index der Polariſation dieſes Blättchenſyſtems unter der Neigung, in welche es gebracht, verhielt ſich zu den einfallenden Strahlen wie 57 : 100. Bei Dazwiſchenſtellung des ſchwarzen vollkommen undurchſichtigen Glaſes, ſo wie einer Platte von grünem Glaſe, Alaun, Bergkryſtall, Gyps, Waſſer oder Oel ward zwar die Geſammtwirkung durch die partielle Abſorption der Platten verringert, aber das Verhältniß der in beiden Lagen der Glimmerblättchen durchgelaſſenen Wärmemenge verhielt ſich ſtets wie 100 : 43. Während dieſe Subſtanzen bei der Polariſation durch die Turmaline den Werth des Polariſationsindexes ändern, laſſen ſie ihn bei der Polariſation durch Refraction ungeändert. Es iſt alſo die von den brechenden Kräften der Körper erzeugte Polariſation unabhängig von der Beſchaffenheit der Wärmeſtrahlen, was außerdem noch durch die Verſuche Melloni's beſtätigt wird, welcher ſtatt der Locatelliſchen Lampe die drei andern öfters erwähnten Wärmequellen anwandte. Aber ſtets erhielt er daſſelbe Verhältniß.

Die Glimmerblättchen waren ſo geſtellt, daß ihre neutralen Durchſchnitte in der Einfallsebene lagen, um gewiſſermaßen die Wirkungen der Doppelbrechung zu eliminiren. 5 bis 6 Blättchen in jeder Säule geben nach Melloni ſchon eine recht deutliche Polariſation, während Säulen von 18 Blättchen bei einer Neigung von 35° eine Polariſation von 82 auf 100 Strahlen bewirken. Auch eine Depolariſation des Lichtes gibt es. Forbes fand, daß bei rechtwinklig ſich kreuzenden Lagen der Glimmerſäulen durch ein neues zwiſchen beide Säulen rechtwinklig auf die Wärmeſtrahlen eingeſchaltetes Glimmerblättchen die durchgehende Wärme deſto mehr zunahm, je mehr der Winkel, den der Hauptſchnitt des Glimmerblättchens mit dem der erſten Säule machte, ſich 45° näherte. Bei Anwendung einer Strahlung von bis 700° F. erhitzten, noch nicht leuchtendem Meſſing ſtieg die Transmiſſion, wenn das Glimmerblatt von 0° bis 45° gedreht wurde, bei vier Verſuchen von 100 auf 110,

120, 122 oder 125, und bei Anwendung des glühenden Platins von 100 auf 116, 118 und 138. Auch Melloni vermehrte die Durchlaſſung bei Anwendung eins 0,mm2 dicken Glimmerblättchens unter ähnlichen Verhältniſſen von 5° bis 12°, während beim Parallelismus beider Säulen die Ablenkung 45° betrug.

Ganz wie beim Licht findet ſich auch bei der Wärme die circulare Polariſation, und Forbes gelang es ſelbſt die Wärmeſtrahlen durch zweimalige totale Reflexion in einem Steinſalz Rhomboëder circular zu polariſiren. Auch Melloni und Biot haben über dieſe Polariſation Verſuche angeſtellt, und folgende Reſultate erhalten. Sie wandten nämlich Bergkryſtallplatten ſenkrecht auf die Axe der Doppelbrechung geſchnitten an, weil dieſe Kryſtalle die Polariſationsebene des Lichts am weiteſten ablenken, die Wärme am wenigſten unter allen das Licht circularpolariſirenden abſorbiren. Auch gibt es unter ihnen Kryſtalle, welche die Drehkraft nach der Rechten und nach der Linken in gleichem Maße beſitzen.

Sie ließen die Wärmeſtrahlen durch die beiden Glimmerſäulen gehen, und grade der Umſtand, daß bei gekreuzter Lage der Ebenen nicht alle Strahlen polariſirt wurden, alſo ſtets ein Theil unpolariſirt durchging, gewährte ein Mittel die Wirkungen der Abſorption von denen zu unterſcheiden, welche durch die drehende Kraft der Platten hervorgebracht werden. Durch die hinter die erſte Säule, bei gekreuzter oder ſenkrechter Stellung beider gegen einander, geſtellten nach rechts drehenden Bergkryſtallplatte wurden die Polariſationsebenen der aus der erſten Säule austretenden Strahlen gedreht, und ſie ſelbſt alſo geeigneter gemacht, die zweite Säule zu durchdringen. Eine zweite, ebenfalls rechtsdrehende Bergkryſtallplatte, welche hinter der erſten angebracht wurde, vermehrte natürlich die Transmiſſion durch die zweite Säule, während ſie eine nach links drehende an die Stelle der zweiten geſetzt verringerte, weil ſie die Polariſationsebenen größtentheils auf die urſprüngliche ihnen durch die erſte Säule gegebene Richtung zurückführte.

Die beiden gekreuzten Glimmerſäulen für ſich lenkten die Nadel ab um .	7°,50
Hinter den Säulen, eine Bergkryſtallplatte, dick 7mm,5	6,35
Hinter den Säulen, zwei Bergkryſtallplatten, jede 7mm,5 dick	5,80
Zwiſchen den Säulen, eine rechts drehende Bergkryſtallplatte, dick 7mm,5 . .	12,28
Zwiſchen den Säulen, zwei entgegengeſetzt drehende Bergkryſtallplatten, jede 7mm,5	8,40
Zwiſchen den Säulen, zwei rechtsdrehende Bergkryſtallplatten, geſammte Dicke = 7mm,5 + 5mm	15,55
Zwiſchen den Säulen, eine rechts drehende Bergkryſtallplatte, dick 41mm .	23,19

Noch bleibt übrig, die Vertheilung der Wärme im Sonnenſpectrum näher zu betrachten, und anzuführen, wie Melloni durch ſeine Verſuche die abweichenden Angaben je nach der Verſchiedenheit der Subſtanz des Prismas über die relative Lage des Maximums der Wärme zu erklären im Stande iſt. Durch Seebeck's Verſuche iſt bekannt, daß das Maximum der Wärme im Sonnenſpectrum ſeine Lage ändert nach der chemiſchen Natur, aus welcher das Prisma beſteht. Bei einem Prisma aus Kronglas befindet es ſich nämlich im Roth, bei ei-

nem Prisma aus Schwefelſäure im Orange, und bei einem Prisma aus Waſſer im Gelb. Der Grund dieſer Verſchiedenheit liegt darin, daß die Wärmeſtrahlen unter den Farben des gewöhnlichen Spectrums keine gleiche Veränderung erleiden, wenn man ſie z. B. durch Waſſer gehen läßt. Der Verluſt ſteht nämlich im umgekehrten Verhältniß der Brechbarkeit derſelben, ſo daß die brechbarſten vollſtändig durchgehen, die wenig brechbaren aber vollſtändig aufgefangen werden. Die auf das Roth eines Waſſerprismas fallenden Wärmeſtrahlen ſind weniger gebrochen als die auf Orange und Gelb fallenden. Es werden die im Roth als die weniger brechbaren durch das Waſſer daher auch ſtärker abſorbirt als die im Orange, und dieſe wieder mehr als die im Gelben. Die wachſenden Verhältniſſe in den Verluſten der weniger brechbaren Strahlen bewirken deßhalb ein Maximum der Wärme im Gelb. Da die Schwefelſäure in ihrer Wirkung dem Waſſer analog aber ſchwächer iſt, ſo wird bei einem Schwefelſäureprisma das Maximum im Orange ſtehen bleiben. Wendet man zu Prismen weniger als Kronglas wirkendes Glas an, ſo muß das Maximum ſogar aus dem Roth heraustreten, und ſo fanden es auch Herſchel, Englefield und Seebeck bei Flintglasprismen in dem dunklen Raum, dicht bei der Zone des rothen. Nahe lag nun der Verſuch eine noch weniger wirkſame Subſtanz anzuwenden, da offenbar war, daß je diathermer die Subſtanz, das Maximum der Wärme deſto mehr nach der Seite des Roth (wenn wir vom Gelben ausgehen) und ſelbſt darüber hinausgehe. Ein Steinſalzprisma mußte alſo das Maximum der Wärme noch weiter vom Roth entfernt in dem dunklen Raume zeigen, und bei dem Verſuch lag es wenigſtens eben ſo weit in der dunklen Zone vom Roth entfernt, als dieſes vom Grünblau. Es geht aber auch aus dieſen Verſuchen hervor, daß die Lage des Wärmemaximums nicht bloß von der Subſtanz, ſondern auch von der mittleren Dicke des Prismas abhängen muß. Denn nimmt man ein großes hohles mit Waſſer gefülltes Prisma, deſſen Maximum im Gelb, und bedeckt einen Theil ſeiner Seitenfläche mit einer undurchſichtigen Platte, ſo nähert ſich das Maximum deſto mehr dem Roth, je kleiner der Theil iſt, welcher auf der Seite der Kante entblößt bleibt.

Zu beiden Seiten des Maximums nimmt die Temperatur in den ſucceſſiven Zonen mit der größten Regelmäßigkeit ab, und durch Vorſetzung farbiger Gläſer, welche die Lichtintenſität ſehr unregelmäßig verändern, erleidet doch die allmählige Abnahme der Wärme von Roth zum Violett keine Veränderung, wiewohl die Wärmeſtärke nach der Natur der Gläſer mehr oder weniger geſchwächt iſt.

Das Vermögen der Körper Wärme auszuſtrahlen iſt ſehr verſchieden. Es hängt von ſeiner Temperatur und ſeiner Oberfläche ab. Je höher die Temperatur iſt, deſto mehre und intenſivere Wärmeſtrahlen ſendet er aus. Die Veränderung durch die Beſchaffenheit der Oberfläche beweiſt Leslie durch einen ſehr ſchönen Verſuch. Er nimmt nämlich einen hohlen Würfel von Eiſenblech, der auf der einen Seite polirt, auf der zweiten mit einer Glasplatte bedeckt, auf der dritten matt geſchliffen und auf der vierten berußt iſt, und ſtellt ihn gegen einen Hohl=

ſpiegel, in deſſen Brennpunkt ein empfindliches Thermometer ſich befindet. Wendet man die polirte Seite gegen den Spiegel, ſo ſteigt das Thermometer, und iſt es zum Stillſtehen gekommen, ſo beginnt es von neuem zu ſteigen, wenn man die Glasſeite gegen den Spiegel kehrt. Es ſtrahlt dieſe alſo mehr Wärme aus, als die polirte Fläche. Noch ſtärker iſt aber das Ausſtrahlungsvermögen der mattgeſchliffenen, und am ſtärkſten das der berußten Seite, indem bei Hinwendung dieſer gegen den Spiegel das Thermometer immer ſtärker ſteigt. Auch der Einfluß der Politur auf das Strahlungsvermögen iſt bedeutend, indem ein mit blankem Zinnblech überzogener hohler Würfel nur eine Wirkung = 12 auf das im Brennpunkte eines Hohlſpiegels ſtehende Thermometer ausübte, die beim Ritzen der Oberfläche bis auf 19, beim fernern Ritzen auch nach der Quere bis auf 23, und beim Ritzen auch nach vielen andern Richtungen bis auf 26 ſtieg.

Da in jeder Verbindung von Körpern, die ſich gegenſeitig Wärme zuſenden können, ſich eine bleibende gleiche Temperatur herſtellt, ſo muß nothwendig das Abſorptionsvermögen eben ſo groß ſein als das Strahlungsvermögen, und Ritchie ſucht dieß durch einen ſehr einfachen Verſuch zu beweiſen. Er nimmt ein großes Differenzialthermometer Fig. 407. mit cylindriſchen Kammern vom dünnſten Weißblech G und F. Die Oberfläche der einen Kammer iſt mit Lampenruß überzogen, während die gegenüberſtehende der andern Kammer vollkommen blank iſt. Zwiſchen beiden in der Mitte befindet ſich ein Cylinder von Weißblech E, deſſen eine Seite mit Lampenruß überzogen, die andere aber blank gelaſſen iſt. Er wird mit heißem Waſſer gefüllt. Iſt die berußte Seite des Cylinders E gegen die berußte der Kammer G gerichtet, ſo ſinkt der Weingeiſt in BC mit ungemeiner Schnelligkeit, weil von der berußten Seite viel Wärme ausgeſtrahlt und von der berußten Kammer viel Wärme abſorbirt wird, während nur wenig auf die andre Kammer F fällt und abſorbirt wird. Wendet aber E ſeine berußte Seite nach der blanken Kammer I, und ſeine blanke Seite nach der berußten Kammer G, ſo ſteht das Thermometer vollkommen ſtill. Aus der berußten Seite von F fällt viel Wärme auf F, das aber nur ſchwache Abſorptionskraft hat. Angenommen es ſei die Menge der an der berußten Seite ausgeſtrahlten Wärme 10, und der von der blanken 1, ſo muß, wenn das Thermometer in Ruhe bleiben ſoll, die blanke Fläche F nur den zehnten Theil abſorbiren, während die berußte G die ganze auffallende Menge abſorbirt. Nach Melloni's Verſuchen ändert ſich aber das Abſorptionsvermögen mit der Wärmequelle, und es kommt dem Emiſſions- oder Strahlungsvermögen deſto näher, je niedriger die Temperatur der Wärmequelle, und fällt mit ihm zuſammen erſt bei der Temperatur des ſiedenden Waſſers. Deßhalb ſtimmte auch das Reſultat in Ritchie's Verſuche. Es iſt nämlich nach Melloni das Strahlungsvermögen von

Kienruß = 100	Tuſche = 85
Bleiweiß = 100	Gummilack = 72
Hauſenblaſe = 91	Metallfläche = 12.

Das Abſorptionsvermögen iſt nach ihm von

	Glühendes Platin.	Kupfer v. 400° C.	Kupfer v. 100 C.
Kienruß	100	100	100
Bleiweiß	56	89	100
Hauſenblaſe . . .	54	64	91
Tuſche	95	87	85
Gummilack . .	47	70	72
Blanker Metallfläche	13,5	13	13

Zugleich ſtellte er Verſuche an über die Aenderung des Abſorptionsvermögens, wenn die Strahlen eine Glasplatte durchdrungen hatten.

	Vor der Dazwiſchenſtellung des Glaſes.	Nach der Dazwiſchenſtellung des Glaſes.
Kienruß	100	100
Bleiweiß	53	24
Hauſenblaſe	52	54
Tuſche	96	100
Gummilack	43	30
Metallfläche	14	17

Man vergleiche auch über die Abſorption das oben Mitgetheilte.

Alle dieſe Reſultate ſind mit der thermoelektriſchen Säule erhalten. Nach Leslie iſt das Strahlungs- oder Abſorptionsvermögen für nachſtehende Körper: Lampenruß = 100, Waſſer = 100, Schreibpapier = 80, Glas = 90, Tuſchmaſſe = 88, Eis = 85, mattes Blei = 45, Queckſilber = 20, glänzendes Blei = 19, polirtes Eiſen = 15, polirtes Zinn = 15, polirtes Gold, Silber, Kupfer = 12, Graphit = 75, Mennig mit Hauſenblaſe aufgetragen = 80, Kronglas = 90, Siegellack 95, harziger Ueberzug = 95.

Verſchiedene Körper brauchen, um von einem Wärmegrade bis zu einem andern erwärmt zu werden, nicht dieſelbe Menge Wärme, wie man ſich augenblicklich überzeugen kann, wenn man ein Gefäß mit Waſſer, und ein anderes ihm gleiches mit demſelben Gewicht Queckſilber gefüllt, neben einander auf den Ofen ſetzt. Es erhält doch, da ſie ſich beide unter ganz gleichen Umſtänden befinden, jedes Gefäß dieſelbe Menge Wärme, und doch wird das Queckſilber eher bis zu einem gewiſſen Grade erwärmt als das Waſſer. Ja dieſelben Stoffe, aber anders bearbeitet, wie zwei verſchieden gehärtete oder geſchmiedete Eiſenmaſſen, werden nicht genau dieſelbe Menge von Wärme gebrauchen, um von einer Temperatur zu einer andern zu gelangen. Man ſchreibt nun derjenigen Subſtanz, welche mehr oder weniger Wärme erfordert, um eine Temperaturerhöhung von 1° zu erleiden, größere oder geringere Wärmecapacität zu, und die Menge der verbrauchten Wärme ſelbſt nennt man die ſpecifiſche Wärme der Körper. Wenn ein Körper ſtets dieſelbe Menge von Wärme gebraucht, um ſeine Temperatur um einen Grad zu erhöhen, auf welchem Punkte der Wärmeſcale er ſich auch befinden mag, ſei es alſo um von 0° bis 1°, oder 100° bis 101° u. ſ. w. erhitzt zu werden, ſo iſt ſeine Capacität eine conſtante,

im entgegengeſetzten Falle aber eine veränderliche. So iſt die Capacität des Eiſens eine wachſende, indem dieſelbe Maſſe eine größere Menge Wärme erfordert, um von 100° bis 101°, als um 0° bis 1° erhitzt zu werden, eine noch größere, um von 200° bis 201° zu ſteigen, u. ſ. w. Das Verhältniß der Capacitäten für zwei gegebene Punkte der Wärmeſcale iſt das Verhältniß der Wärmemengen, welche nöthig ſind, um an jedem dieſer Punkte gleiche Temperaturveränderungen hervorzubringen. Ueberhaupt ſind die Capacitäten der ſpecifiſchen Wärme der Körper proportionirt. Als Einheit der Wärmemenge nimmt man diejenige an, welche ein Pfund Eis von 0° C. gebraucht, um in Waſſer überzugehen, deſſen Temperatur auch 0° iſt. Die Wärmemengen 2, 3 u. ſ. w. ſind alſo diejenigen, welche hinreichend ſind um 2, 3 u. ſ. w. Pfund Eis von 0° in Waſſer von derſelben Temperatur zu verwandeln. Als Einheit der Wärmecapacität nimmt man gewöhnlich die des reinen Waſſers an. Iſt C die Wärmecapacität eines Körpers, S ſeine ſpecifiſche Wärme, s die ſpecifiſche Wärme des Waſſers, und $c = 1$ die Wärmecapacität des letztern, ſo iſt $S : s = C : c$ oder $S : s = C : 1$, mithin $S = sC$. Die Beſtimmung der Wärmecapacität eines Körpers kann auf verſchiedenen Wegen geſchehen. Man kann ſich zunächſt eines von Lavoiſier und Laplace angegebenen Inſtrumentes, des von ihnen ſogenannten Calorimeters bedienen. Es beſteht dieſes aus 3 Gefäßen Fig. 408. welche einander umſchließen, C, C_1 und C_2. Das größte C hat ein Rohr R zum Abfließen des Waſſers, und ebenſo das mittlere C_1 das Rohr r, über dem zugleich im Boden dieſes zweiten Gefäßes ein Sieb befindlich iſt. In dieſe beiden äußern wird zerſtoßenes Eis gelegt, und zwar in das äußere, um die Wärme der äußern Luft zu abſorbiren, in das mittlere aber um durch die Wärme des in das kleinſte innerſte Gefäß gelegten Körpers zum Theil geſchmolzen zu werden. Nachdem der erwärmte Körper in das Gefäß C_2 gelegt iſt, wird ſchnell der Deckel aufgelegt und mit Eis belegt. Nun wird die Zeit abgewartet, bis der erwärmte Körper die Temperatur 0° erlangt hat, alles bis dahin durch das Rohr r aus dem mittleren Gefäße abfließende Waſſer geſammelt, und aus deſſen Menge die Wärmecapacität des unterſuchten Körpers berechnet. Iſt C die Capacität deſſelben, T ſeine anfängliche Temperatur, M ſeine Maſſe und s die ſpecifiſche Wärme des Waſſers, ſo iſt die Wärmemenge, welche der Körper hatte, $= MTCs$. Werden nun N Pfund Eis von 0° Temperatur geſchmolzen, ſo iſt die Zahl N zugleich die zum Schmelzen derſelben nothwendig geweſene Wärmemenge, und daher $N = MTCs$, woraus ſich ergibt $C = \frac{N}{MTs}$. Iſt aber der zu unterſuchende Körper flüſſig, ſo muß auch die Wärmemenge des Gefäßes mit in Berechnung gebracht werden, und von der ganzen Wärmemenge abgezogen werden. Man ſtellt deßhalb den Verſuch erſt mit der Flaſche oder dem ſonſtigen zur Aufnahme der Flüſſigkeit beſtimmten Gefäß an. Bedeuten für dieſe m, c und t daſſelbe, als M, C und T für den zu unterſuchenden Körper, ſo iſt die Wärmemenge derſelben $mcst$. Die Wärmemenge der Flüſſigkeit und der Flaſche zuſammen haben aber zuſammen N′ Pfund Eis geſchmolzen; es iſt alſo

$$N' = s\,(MCT + mct),$$ und hieraus folglich

$$C = \frac{N' - mcst}{MTs}$$

Bei Anſtellung dieſer Verſuche hat man beſonders darauf zu achten, daß das angewandte Eis keine niedrigere Temperatur als 0° habe, damit nicht ein Theil der Wärme des Körpers verbraucht wird, um das Eis bis auf 0° zu erwärmen, daß die Temperatur des Zimmers, worin experimentirt wird, nur ſehr wenige Grade über Null ſei, indem es unvermeidlich, daß etwas Luft mit in das Calorimeter eindringt, und durch ihre Abkühlung die Menge des geſchmolzenen Eiſes zu merklich vermehrt, und daß man die ganze Menge des geſchmolzenen Eiſes erhalte. Dieß letzte iſt ſehr ſchwer genau zu bewerkſtelligen, indem ſich ſtets noch Waſſer zwiſchen dem zerſtoßenen Eiſe befindet. Man ſucht dieß einigermaßen zu gewinnen, indem man den Apparat einige Zeit vor dem Verſuche in das Zimmer bringt. Es wird dann durch die Wärme der Luft etwas Eis ſchmelzen, und jedes Stück deſſelben ſich mit einer Waſſerſchicht überziehen. Um aber ein nicht zu hohes Reſultat wieder zu erhalten, darf die Menge des Eiſes nicht zu ſtark vermindert werden, indem ſonſt weniger Waſſer zurückbleibt, als vorher darin war, und die in den leer gewordenen Raum eindringende Luft auch ihre Wärme abgibt. Man wendet auch wohl ganz einfach ein Stück Eis an, in das man ein Loch zur Aufnahme des zu unterſuchenden Körpers gemacht hat; wo dann dieſe letzten Fehler nicht eintreten können. Fig. 409.

Die Methode durch die Abkühlung der erwärmten Körper die Wärmecapacität zu beſtimmen, iſt von Mayer erfunden, dann von Leslie vervollkommt, aber erſt zu ihrer hinreichenden Schärfe gebracht durch Dulong und Petit. Sie gründet ſich nämlich darauf, daß gleiche und mit einem gleichen Strahlungsvermögen verſehene Körper in derſelben Zeit dieſelbe Wärmemenge ausſtrahlen. Füllt man nun die zu unterſuchenden Körper gepulvert in eine ſehr dünne ſilberne Kugel, wie es Dulong und Petit machten, und läßt ſie jedes Mal bis zu derſelben Temperatur abkühlen, ſo wird die im erſten Augenblick der Abkühlung verlorne Wärme ſtets gleich ſein, und wenn ein Körper ſich doppelt ſo ſchnell abkühlt als ein anderer, ſo wird ſeine Capacität, wenn die Gewichte gleich ſind, nur die Hälfte des andern ſein, weil beim Verluſte derſelben Wärmemenge die Temperatur ſich um die doppelte Anzahl Grade verminderte. Dulong und Petit nahmen eine Kugel von Silber und ſehr dünnen Wänden, um der beſondern Leitungsfähigkeit keinen großen Einfluß zu geſtatten. Auch war die Fläche derſelben polirt, der Raum, worin der Körper erkaltet, ſo viel als möglich luftleer gemacht, und der Unterſchied der Temperatur 5 bis höchſtens 10°, damit die Abkühlung nur langſam vor ſich ginge.

Endlich hat man auch die Wärmecapacitäten durch die ſogenannte Miſchungsmethode zu beſtimmen geſucht. Man erhitzt nämlich den zu unterſuchenden Körper und ſenkt ihn dann in eine beſtimmte Menge Waſſer oder in eine andere Flüſſigkeit. Die Temperaturen des erhitzten und des kältern Körpers ſind genau beſtimmt, und iſt das Gleich-

gewicht der Wärme nach der Miſchung beider hergeſtellt, ſo unterſucht man die Temperatur der Miſchung. Wird 1 Pfund Waſſer von 0° C. und 1 Pf. Eiſenfeile von 36° vermengt, ſo wird die Temperatur nach ihrer Miſchung ſein = 4°. Hieraus folgt, daß dieſelbe Wärmemenge, welche die Temperatur des Eiſens um 36° — 4° = 32° erhöhte, nur fähig iſt dem Waſſer eine Temperaturvermehrung um 4° zu geben, und es braucht das Eiſen mithin um zu derſelben Temperatur, wie eine gleiche Quantität Waſſer, zu gelangen, nur $\frac{1}{8}$ der dem Waſſer hiezu nöthigen Wärme; es iſt alſo, wenn die Capacität des Waſſers = 1, die des Eiſens = $\frac{1}{8}$ oder = 0,125. Iſt der Körper in der Flüſſigkeit auflöslich, ſo läßt ſich dieſe Methode natürlich nicht anwenden. Auch müßte man, um ſich ganz auf das Reſultat verlaſſen zu können, überzeugt ſein, daß die Wärmecapacität der Flüſſigkeit ſich mit der Temperatur nicht ändert. Dieß iſt aber nur bei ſolchen Temperaturen der Fall, die nicht ſehr unterſchieden ſind. Man wird deßhalb lieber größere Mengen der zu unterſuchenden Körper und kleinere Temperaturunterſchiede anwenden. Man muß auch auf den Wärmeverluſt durch das Gefäß und durch die Abkühlung in der Luft Rückſicht nehmen. Dieſem letztern könnte man vorbeugen, wenn man durch vorläufig angeſtellte Verſuche die Mengen und die Temperaturen ermittelte, welche nöthig ſind, um dem Gemeng eine Temperatur zu ertheilen, die von der des Zimmers wenig oder gar nicht abweicht. Hat man aber ungleiche Maſſen angewendet, ſo muß man mit Hülfe folgender Formel das Verhältniß der Capacitäten berechnen. Hat der wärmere Körper die Maſſe M, die Capacität C, vor dem Verſuche die Temperatur T, und bedeuten für den kältern m, c und t daſſelbe, τ aber die Temperatur des Gemenges, nachdem ſie ſtationär geworden, und s die ſpecifiſche Wärme: ſo hat der wärmere die Wärmemenge $MCs\,(T - \tau)$ verloren, der kältere die Wärmemenge $mcs\,(\tau - t)$ gewonnen. Es iſt aber nach der Miſchung bei ſtationärem Gleichgewichte beider Temperatur gleich, folglich iſt

$$MCs\,(T - \tau) = mcs\,(\tau - t) \text{ oder } \frac{C}{c} = \frac{m(\tau - t)}{M(T - \tau)}$$

Die Wärmecapacität der Gaſe läßt ſich aber auf keine der drei ſo eben beſchriebenen Arten beſtimmen, ſondern man muß dazu Rumford's Calorimeter (ſ. d. Art. Dampf S. 429) gebrauchen. Man leitet nämlich die erhitzten Gaſe mittels eines Schlangenrohrs durch eine Flüſſigkeit, und beobachtet die Temperatur der Flüſſigkeit, wenn ſie ſtationär geworden iſt. So viel Wärme das Gas an das Calorimeter abgibt, eben ſo viel verliert dieſes dann an die atmoſphäriſche Luft. Es kommt hier vorzüglich darauf an, einen ganz gleichförmigen Gasſtrom durch die Flüſſigkeit zu leiten, und ihre Temperatur, nachdem ſie ſtationär geworden, genau zu beſtimmen. Den gleichmäßigen Strom bewirkten Laroche und Berard, welche ſich dieſes Inſtrumentes bei ihren Verſuchen bedienten, durch folgende Einrichtung. Fig. 410. Das Gas, deſſen Capacität unterſucht werden ſoll, findet ſich in der Blaſe, die im Ballon B ſich befindet. Die Blaſe ſteht durch das Rohr C in Verbindung mit dem Schlangenrohr (Fig. 176 Bd. I..), und das Gas tritt in letzteres ein, nach-

dem es vorher durch ein 1^{m} langes Stück der Röhre C gegangen iſt, das von einer weitern mit ſiedend heißem Waſſer angefüllten umgeben iſt. Um aber das Gas aus der Blaſe zu treiben, ſteht der Ballon B durch die mit einem Hahn a verſchließbare Röhre D mit dem Gefäß E in Verbindung. Ueber letzterm befindet ſich das Gefäß F, deſſen Deckel zwei Oeffnungen hat, eine die luftdicht durch einen Pfropf verſchloſſen werden kann, und eine zweite, durch welche eine an beiden Enden offnene Röhre d faſt bis auf den Boden des Gefäßes F hindurchgeht. Wird nun dieſes Gefäß F mit Waſſer gefüllt, während E und B Luft enthalten, ſo beginnt nach dem Oeffnen der Hähne a und b das Waſſer mit einer der conſtanten Druckhöhe entſprechenden Geſchwindigkeit durch c abzufließen, treibt die Luft aus E nach B, und veranlaßt ſo einen Druck auf die Blaſe, welcher das Gas zum Ausſtrömen durch C zwingt. Um das Gas nun wiederhohlt gebrauchen zu können, wird es in eine zweite Blaſe, die ſich unter ganz ähnlichen Umſtänden, wie die erſte befindet, geleitet, und aus dieſer dann nach A zurück.

Durch ſolche Verſuche hat man folgende Reſultate erhalten.

I. Tafel der durch Lavoiſier und Laplace beſtimmten Wärmecapicitäten.

Namen der Subſtanzen	Capacitäten.
Waſſer	1,0000
Blei	0,0282
Queckſilber	0,0290
Zinn	0,0475
Rothes Queckſilberoxyd	0,0501
Geſchlagenes Eiſen	0,1105
Glas ohne Bleizuſatz	0,1929
Schwefel	0.2085
Ungelöſchter Kalk	0,2169
Olivenöl	0,3096
Schwefelſäure (Dichte 1,87)	0,3346
Salpeterſäure (Dichte 1,30)	0,6614
Salpeterauflöſung (1 Salp., 8 Waſſer)	0,8187

II. Tafel der von Dulong und Petit durch die Methode der Miſchungen beſtimmten Wärmecapacitäten.

Namen der Subſtanzen	Mittlere Capacitäten zwiſchen 0 u. 100°	Mittlere Capacitäten zwiſchen 0 u. 300°
Waſſer	1,0000	"
Queckſilber	0,0330	0,0350
Platin	0,0335	0,0355
Antimon	0,0507	0,0547
Silber	0,0557	0,0611
Zink	0,0927	0,1015
Kupfer	0,0940	0,1013
Eiſen	0,1098	0,1218
Glas	0,1770	0,1900

III. Tafel der von Dulong und Petit durch die Methode der Abkühlung beſtimmten Wärmecapacitäten.

Namen der Subſtanzen	Capacitäten gegen die des Waſſers = 1	Atomengewicht gegen das des Sauerſtoffs = 1	Produkte des Gewichts jedes Atoms mit der entſprechenden Capacität
Wismuth..........	0,0288	13,30	0,3830
Blei..........	0,0293	12,95	0,3794
Gold..........	0,0298	12,43	0,3704
Platin..........	0,0314	11,16	0,3740
Zinn..........	0,0514	7,35	0,3779
Silber..........	0,0557	6,75	0,3759
Tellur..........	0,0912	4,03	0,3675
Zink..........	0,0927	4,03	0,3736
Kupfer..........	0,0949	3,957	0,3755
Nickel..........	0,1055	3,69	0,3819
Eiſen..........	0,1100	3,392	0,3731
Kobalt..........	0,1498	2,46	0,3685
Schwefel..........	0,1880	2,011	0,3780

Tafel III. zeigt ein Grundgeſetz der Wärmetheorie an, indem bei einfachen Körpern die Capacität multiplicirt mit dem Miſchungsgewicht derſelben, eine conſtante Größe gibt. Denn die Zahlen der vierten Spalte weichen ſehr wenig von 0,375 ab. Will man dieß Geſetz in andern Worten ausdrücken, ſo würde es heißen: Es haben die ſtöchiometriſchen Theile (die Atome) der einfachen Körper alle genau dieſelbe Wärmecapacität. Auch ſcheint aus einigen Verſuchen Dulong's und Petit's hervorzugehen, daß zwiſchen der Capacität der zuſammengeſetzten Atome und der Capacität der elementaren Atome ſtets eine einfache Beziehung ſtatt finde. Bei chemiſch ähnlich zuſamengeſetzten Stoffen ſcheinen ebenfalls die Atome gleiche Wärmecapacität zu beſitzen. Nach Neumann iſt das Product aus den Capacitäten und den Atomengewichten für Oxyde mit einem Atom Sauerſtoff und einem Atom Metall = 0,697, bei denen mit 2 Atomen Metall und 3 Atomen Sauerſtoff = 1,782, bei Sulphuriden mit 1 At. Metall und 1 At. Schwefel = 0,757. Die zweite auch aus den Verſuchen von Dulong und Petit zuſammengeſtellte Tafel zeigt, daß die Wärmecapacitäten wachſen, wenn die Temperatur ſich erhöht, ein vielleicht auch allgemein durchgehendes Geſetz.

Für die Capacität der Gaſe ſtehe hier die Tafel, die ſich aus Verſuchen von de la Roche und Bérard ergibt:

Namen der Subſtanzen.	Capacitäten bei gleichem Vol. gegen Luft = 1.	Capacitäten bei gleichen Maſſen gegen Luft = 1.	Capacitäten bei gleichen Maſſen gegen Waſſer = 1.
Atmoſphäriſche Luft	1,0000	1,0000	0,2669
Waſſerſtoffgas.......	0,9033	12,3401	3,2936
Sauerſtoffgas.......	0,9765	0,8848	0,2361
Stickgas............	1,0000	1,0318	0,2734
Kohlenoxydgas......	1,0340	1,0805	0,2884
Kohlenſäure.........	1,2588	0,8280	0,2210
Stickoxydgas........	1,3503	0,8878	0,2369
Oelbildendes Gas...	1,5530	1,5763	0,4207
Waſſerdampf.........	1,9600	3,1360	0,8470

Bei allen dieſen Verſuchen findet aber durch die Temperaturveränderung eine Aenderung im Volumen des Körpers ſtatt. Man findet daher ſeine Capacität unter einem beſtändigen Druck, aber unter veränderlichem Volumen. Will man die Capacitäten unter conſtantem Volumen und veränderlichem Drucke beſtimmen, ſo muß es durch Hilfe der Akuſtik geſchehen. Die Entwickelung davon würde uns jedoch zu weit führen.

Die Capacitäten der chemiſch einfachen Gaſe ſind einander gleich, und zwar ſowohl die unter beſtändigem Druck als die unter beſtändigem Volumen. Der Exponent des Verhältniſſes der Capacitäten unter gleichem Drucke und unter gleichem Volumen iſt nach Dulong 1,421, nach Moll's und Beck's Schallverſuchen 1,4152. — Die Capacitäten unter demſelben Drucke ſind ſowohl bei den ſchon unterſuchten feſten als bei den gasförmigen Körpern größer als die unter beſtändigem Volumen, ſo daß man einen Theil der einem Körper bei conſtantem Drucke mitgetheilten Wärme als zu ſeiner Temperaturerhöhung, den andern aber als zur Vergrößerung ſeines Volumens nöthig betrachten kann. Als Beleg hierzu dienen folgende zwei Tafeln:

Capacität einiger feſten und tropfbaren Körper.

Name.	Capacität bei beſtändigem Drucke.	Capacität bei beſtändigem Volumen.
Waſſer bei 22° R..........	1,0000	—
— bei 80° R..........	1,0127	—
Eis..........................	1,9000	—
Glas (von 0° bis 100°)	0,1770	—
— (von 0° bis 300°)	0,1900	—
Queckſilber (von 0° bis 100°).................	0,0330	—
— (von 0° bis 300°)	0,0350	—
Schwefel..................	0,1880	—
Talg........................	0,2167	—

Name.	Capacität bei beſtändigem Drucke.	Capacität bei beſtändigem Volumen.
Holzkohle	0,2631	—
Leinöl	0,5280	—
Brennöl	0,7100	—
Schwefeläther (ſpecifiſches Gew. 0,7676)	0,6600	—
Eiſen	0,1098	0,1026
Kupfer	0,0949	0,0872
Silber	0,0557	0,0525
Platin	0,0314	0,0259

Capacität einiger Gaſe nach Dulong.

Name.	Capacität unter conſtantem Volumen.	Capacität unter conſtantem Drucke.	Verhältniß beider Capacitäten.
Atmoſphäriſche Luft	1,000	1,000	1,421
Sauerſtoffgas	1,000	1,000	1,415
Waſſerſtoffgas	1,000	1,000	1,407
Kohlenſaures Gas	1,249	1,175	1,338
Kohlenoxydgas	1,000	1,000	1,423
Oxydirtes Stickgas	1,227	1,16	1,343
Oelbildendes Gas	1,754	1,531	1,240

Ueber die durch Erwärmung bewirkte Volumenänderung, ſ. d. Art. Ausdehnung.

Steigt die Hitze aber bei feſten Körpern ſo hoch, daß die Entfernung der einzelnen Theile von einander nicht vergrößert werden kann, ohne die gegenſeitige Anziehung in eine Abſtoßung zu verwandeln, ſo iſt der Schmelzpunkt des Körpers erreicht, und die geringſte Erhöhung der Temperatur bewirkt den Uebergang des feſten Körpers in einen flüſſigen. Die Temperatur, welche hierzu erforderlich iſt, wird natürlich bei den verſchiedenen Körpern ſehr verſchieden ſein. Einige ſchmelzen ſchon bei mäßiger Erhitzung wie Talg, Wachs u. ſ. w., andere erſt bei ſehr hoher, wie Gold, Platin; die größte Hitze ſcheint aber zu ihrem Schmelzen die Kohle zu erfordern. Faſt alle organiſchen, und auch mehre unorganiſche Stoffe können nicht zum Schmelzen gebracht werden, weil ihr Schmelzpunkt höher liegt als derjenige Punkt, bei welchem ſie ſich zerſetzen. Hull hat durch Vermehrung des Druckes es dahin gebracht, Marmor zu ſchmelzen, der beim Erhitzen ſonſt ebenſo wie unſer gewöhnlicher Kalkſtein ſeine Kohlenſäure abgibt, und gebrannter Kalk (Aetzkalk) wird. Während nun ein Körper ſchmilzt, kann man keine Erhöhung der Temperatur wahrnehmen. Denn ein in Eis oder Schnee geſtelltes Thermometer bleibt ſelbſt im wärmſten Zimmer ſtets

auf 0°, ſo lange noch Eis oder Schnee vorhanden iſt und ſchmilzt. Es wird dem Eiſe aber ſtets von ſeiner Umgebung Wärme zugeführt; dieſe muß alſo verbraucht ſein zur Aenderung des Aggregationszuſtandes des Körpers, und dieſe offenbar verbrauchte, aber durch kein Inſtrument angebbare Wärme iſt es, die man gebundene oder latente Wärme nennt. Beim Schmelzen wird alſo Wärme gebunden und, wie ſich nachher zeigen wird und aus dem Geſagten auch vermuthet werden kann, beim Erſtarren frei. Die Menge der zum Schmelzen der Körper verbrauchten Wärme iſt übrigens ſehr bedeutend. So bindet ein Pfd. Eis von 0° C. eben ſo viel Wärme, als ein Pfd. Waſſer gebraucht, um ſich von 0° bis auf 75° C. zu erwärmen. Beim Wachs beträgt dieſe Wärme 97°,5, beim Spermacet 80°, beim Zinn 277°,5. Um die Größe derſelben zu beſtimmen, bedient man ſich am beſten der Miſchungsmethode. Nimmt man eine Quantität Eis $= m$ von 0° C., und Waſſer $= M$ von T° C., deſſen ſpecif. Wärme $= \varsigma$, miſcht beide mit einander, und findet die Temperatur der Miſchung $= t$, ſo iſt ςmt die Wärme, welche das aus dem Eis entſtandene Waſſer erhalten, aber $\varsigma M\,(T - t)$ diejenige, welche das Waſſer verloren hat. Braucht nun die Maſſeneinheit des Eiſes zum Schmelzen die Wärmemenge x, ſo iſt die zum Schmelzen der Maſſe m nöthige Wärme mx. Die verlorene Wärme des Waſſers iſt verbraucht, einmal um das Eis zu ſchmelzen, und hierzu war alſo nöthig mx, und dann um das hieraus entſtandene Waſſer bis auf t° zu erwärmen, wozu nöthig ςmt. Es iſt alſo offenbar

$$\varsigma mt + mx = \varsigma M\,(T - t) \text{ oder } x = \frac{\varsigma M\,(T - t) - \varsigma mt}{m}.$$

Wird nun dem Körper die zum Schmelzen nöthige Wärme entzogen, ſo wird er wieder feſt, aber nicht ſtets an demſelben Punkte der Wärmeſcale, bei welchem das Schmelzen eintritt. So kann man Waſſer bis auf — 10° C. erkälten, ohne daß es erſtarrt, wenn man es ruhig in einem enghalſigen Gefäße hinſtellt, die geringſte Erſchütterung bringt es aber zum Gefrieren, wobei jedoch die Temperatur wieder auf 0° ſteigt.*)

Bei dem Feſtwerden der Körper wird nun die Wärme, die vorher gebunden war, wieder frei. Darum behält Waſſer beim Gefrieren ſtets die Temperatur 0°, und ſteigt unter 0° erkältetes ſchnell im Augenblick des Gefrierens bis auf dieſen Grad. Noch beſſer läßt ſich die freiwerdende Wärme bei dem Erſtarren des Glauberſalzes zeigen. Wird nämlich eine ſo ſehr als möglich concentrirte Auflöſung deſſelben bei der Siedehitze bereitet, noch warm in Gläſer geſchüttet, die an einem ruhigen Ort geſtellt und durch einen Kork geſchloſſen ſind: ſo iſt nach der Abkühlung nur ein geringer Stoß oder ein kleiner Körper, wie z. B. ein Sandkorn, oder am beſten ein Körnchen von kryſtalliſirtem Glauber-

---

*) S. d. Art. Eis S. 32 ff.

ſalz, das hineingeworfen wird, nöthig, um die ganze Maſſe plötzlich kryſtalliſiren zu laſſen. Faßt man das vorher kalte Glas an, ſo wird man deutlich Wärme wahrnehmen. Man kann auch, um die ſchnelle Kryſtalliſation zu bewirken, gleich ein Thermometer hineinhalten, und wird finden, daß es ſteigt. Es gehört hierher wohl auch die Erſcheinung am phosphorſaurem Blei, das geſchmolzen vor dem Löthrohre kryſtalliſirt, und in dieſem Augenblick, wo es dunkelroth glüht, ſchnell bis zum Weißglühen ſich wieder erhitzt.

Wird eine tropfbare Flüſſigkeit ſo weit erhitzt, daß ſie ſich in Dunſt verwandelt, ſo ſagt man, ſie ſiedet. Das Wallen und Blaſenwerfen dabei rührt aber von den gebildeten Dünſten her, welche von unten heraufſteigen. Iſt die obere Waſſerſchicht noch nicht hinlänglich erhitzt, ſo werden die im untern ſtärker erhitzten Theile der Flüſſigkeit aufſteigenden Dünſte in dem obern kältern niedergeſchlagen, und dieß verurſacht jenes dem Sieden vorhergehende Geräuſch. Merkwürdig iſt hierbei der Leidenfroſtſche Verſuch. Bringt man nämlich in einen kleinen ſehr ſtark erhitzten Platin- oder Silberlöffel einen Tropfen Waſſer, ſo wird dieſer in dem rothglühenden Platinlöffel nur ſehr langſam verdampfen. Es liegt dabei der Tropfen nicht ruhig, ſondern iſt an dem Rande ausgebuchtet, und wenn man die Erſcheinung genau betrachtet, ſo findet man, daß er abwechſelnd die Form zweier ihre großen Achſen rechtwinklich habender Ellipſen annimmt. Bei der Schnelligkeit der Verwandlung einer Form in die andere iſt der Eindruck der vorhergehenden noch nicht verſchwunden, und man glaubt alſo zwei ſich rechtwinklich kreuzende Ellipſen (oder vielmehr Ellipſoide) zu ſehen. Erſt wenn die Rothglühhitze verſchwunden iſt, verwandelt er ſich mit einmal auf's ſchnellſte und heftigſte, man möchte ſagen, mit einer kleinen Exploſion in Dampf. Döbereiner machte den Tropfen in einem glühenden Platintiegel ſo groß, daß er ein Thermometer eintauchen konnte, und fand, daß die Temperatur noch nicht die Siedhitze erreichte, ſondern ungefähr 79° R. war. Bei der ſchnellen Verdampfung nachher ſtieg ſie aber bis zu 80° R. Schweigger zeigte, daß der Tropfen mit dem rothglühenden Platinlöffel gar nicht in Berührung ſein könne, denn wenn er einen Tropfen Waſſer auf eine Zinkplatte goß, und den rothglühenden Platinlöffel auf den Tropfen legte, ſo zeigte die Magnetnadel des Galvanometers auch nicht den geringſten Ausſchlag, zum Beweiſe, daß die Kette durch den Waſſertropfen nicht geſchloſſen war. Sobald aber die Verdampfung ihren Anfang nahm, ſchlug die Nadel aus.

Die Temperatur, bei welcher Flüſſigkeiten ſieden, iſt bei den verſchiedenen verſchieden, und hängt von der Natur derſelben und dem auf ihnen laſtenden Druck ab. So ſiedet Waſſer bei niederer Temperatur als Oel, Alkohol bei niederer als Waſſer, und Aether bei niederer als Alkohol. Wird aber Weingeiſt mit Waſſer gemiſcht, ſo liegt der Siedpunkt dieſer Miſchung höher als der des Weingeiſtes. Obwohl der Sidepunkt bei allen Auflöſungen von Salzen im Waſſer höher liegt als beim Waſſer, ſo haben nach Rudberg die bei ihrem Sieden entſtandenen Dünſte dieſelbe Temperatur wie die Dünſte von reinem Waſſer. Von unten nach oben zu nimmt in der Flüſſigkeit die

Spannkraft ab, indem die untern durch eine größere Flüſſigkeitsſäule zuſammengedrückt werden. An der Oberfläche angelangt iſt aber die Spannkraft aller Dämpfe gleich, und wird durch den Barometerſtand gemeſſen, und die Temperatur des austretenden Dampfes oder der oberſten ſiedenden Schicht iſt der genaue Siedpunkt der Flüſſigkeit. So wie nun durch das Gewicht der Flüſſigkeit ſelbſt die Siedhitze vergrößert wird, ſo kann man letztere noch um ſo mehr erhöhen, wenn man den Druck verſtärkt. Deßhalb ſiedet Waſſer unter der Luftpumpe, wo die Luft verdünnt iſt, ebenſo wie auf hohen Bergen bei niederer Temperatur. Ja man kann die Erniedrigung des Siedpunktes bei Verminderung des Drucks zur Höhenmeſſung von Bergen anwenden. Auf dem Montblanc ſiedet das Waſſer ſchon bei $86\frac{1}{2}^\circ$ C., auf dem Pic von Teneriffa bei 88°,7 C., in Quito bei 90°,1, in Mexico bei 92°,3, im Hoſpiz auf dem St. Bernhard bei $92\frac{1}{2}^\circ$.*)

Iſt der Luftdruck ganz entfernt, ſo ſiedet das Waſſer ſchon durch die bloße Wärme der Hand, wie im ſogenannten Pulshammer, der aus einer luftleeren mit Waſſer angefüllten Röhre und auf beiden Seiten rechtwinklig angeſetzten Kugeln beſteht.**) Wenn aber die Dünſte einer ſiedenden Flüſſigkeit ſich nicht entfernen können, ſo verſtärkt ihr Druck den Druck der atmoſphäriſchen Luft, und da neue Dünſte nur ſich bilden können, wenn ſie eine jenem Drucke gleiche Spannkraft haben, ſo muß ſich das Waſſer bedeutend erhitzen. Deßhalb kann das Waſſer im Papinſchen Digeſtor eine zum Schmelzen des Zinns hinreichende Temperatur erlangen; und daher kommt es auch, daß das Waſſer, wenn man während des Siedens das Gefäß luftdicht verſchließt, gleich zu ſieden aufhört, aber ſelbſt vom Feuer entfernt zu ſieden beginnt, wenn man die Dünſte durch Erkältung niederſchlägt.**)

So wie beim Schmelzen feſter Körper Wärme gebunden wird, ſo geſchieht auch beim Sieden die Dunſtbildung auf Koſten eines Antheils freier Wärme, und ſo wie die Temperatur während des Schmelzens eines Körpers nicht ſteigt, ſo kann ſie auch während des Siedens nicht erhöht werden. Durch Zurückführung des Dunſtes in Waſſer wird dieſe gebundene Wärme natürlich wieder frei. Um die Menge der gebundenen Wärme zu beſtimmen, kann man ſich des Apparates Fig. 177. Bd. I. bedienen. In A ſchüttet man die Flüſſigkeit, die in Dunſt verwandelt werden ſoll, ein, und läßt die Dünſte durch das Rohr B in den ſchlangenförmigen Anſatz c gelangen, der von einer beſtimmten Menge kalten Waſſers umgeben iſt, um die Dünſte niederzuſchlagen, und die dabei frei werdende Wärme in ſich aufzunehmen. Iſt T die Temperatur, M die Menge der Dünſte, t und m daſſelbe für das Waſſer, welches die Schlangenröhre umgibt, vor dem Verſuche, t′ die Temperatur deſſelben nach dem Verſuche, x die von der Dunſtmenge = 1 gebundene Wärme, ſo hat man

---

*) Vergl. d. Art. Höhenmeſſung, thermometriſche.

**) Vergl. d. Art. Digeſtor.

$$M(T-t')+Mx=m(t'-t) \text{ oder } x = \frac{m(t'-t)-M(T-t')}{M}.$$

So hat man gefunden, daß um 1 Pfd. Waſſer von 100° C. in Dunſt zu verwandeln, ſo viel Wärme gebraucht wird, daß man 1 Pfd. Waſſer von 0° auf 531° C. bringen könnte, und um 1 Pfd. ſiedend heißen Alkohol oder Schwefeläther in Dunſt zu verwandeln, ſo viel, daß man erſtern um 332°, letztern um 174°,5 C. erwärmen könnte.*) (Vergl. d. Art. Dampf).

Jede chemiſche Verbindung entwickelt Wärme oder Kälte. Dieſer allgemeine Satz iſt das Reſultat aller Thatſachen, welche die Chemie hat ſammeln können, ſowohl in der anorganiſchen Natur, als in der Entwicklung der Pflanzenwelt und dem Wachsthum der lebendigen Geſchöpfe, der fortgeſetzten Erneuerung ihrer wägbaren Subſtanz. Alle dieſe Wärmequantitäten, welche bald bei der innigen Vereinigung der materiellen Elemente, bald bei ihrer Trennung entwickelt oder abſorbirt werden, können wie die Quantitäten der ſpecif. oder latenten Wärme verglichen und gemeſſen werden.

Um z. B. die Wärmequantität zu meſſen, welche durch das Bienenwachs entwickelt wird, wiegt man eine Kerze, zündet ſie an, und läßt ſie ungeſtört unter der Mündung der Schlangenröhre des Rumfordſchen Calorimeters (Fig. 176. B.I.) brennen. Die Producte der Verbrennung erheben ſich ſchnell, durchlaufen die Windungen der Schlangenröhre, ſetzen hier den Ueberſchuß ihrer Wärme ab, und gehen mit der Temperatur des Waſſers im Calorimeter fort. Beim Beginn des Verſuches iſt die Temperatur des Apparates 5 oder 6° unter der umgebenden Temperatur, und am Ende 5 bis 6° darüber; durch dieſe Vorſicht wird man der Mühe erledigt, die äußerlich angenommene oder verlorene Wärme in Rechnung zu bringen. Kennt man das Gewicht des Calorimeters ſelbſt und die Capacität des Kupfers, aus dem es gearbeitet iſt, das Gewicht des Waſſers, welches daſſelbe enthält und die Temperatur, bis zu welcher es ſich erhebt, endlich das Gewicht des verbrannten Wachſes, ſo kann man durch Rechnung und unter Anbringung der gehörigen Correcturen, die ganze Quantität Wärme beſtimmen, welche 1 Gramme Wachs beim Verbrennen in der Luft entwickelt. Man findet auf dieſe Weiſe, daß 1 Gramme Wachs hinlänglich Wärme erzeugt, um die Temperatur eines Gewichtes flüſſigen Waſſers von ungefähr 10000 Gr. um 1° zu erhöhen. Man pflegt dieſes Reſultat auf eine andere Weiſe auszudrücken, indem man ſagt, es werde hinreichend Wärme erzeugt, um 1 Gr. Waſſer auf 10000° zu erheben. Daſſelbe Verfahren kann auf die Verbrennung anderer Subſtanzen angewendet werden, aber das hat in allen Fällen den Uebelſtand,

---

*) Eine Zuſammenſtellung der Temperaturen, bei denen die verſchiedenen Subſtanzen ſieden, und ſchmelzen, ſiehe im Art. Schmelzen und Sieden. — Ueber die Dampfbildung bei Temperaturen unter der Siedehitze, ſ. d. Art. Verdunſtung.

daß bei ihm ein großer Theil der ſtrahlenden Wärme verloren geht, die in die umgebende Luft geht, ohne in dem Apparate geſammelt zu werden. Lavoiſier und Laplace ließen die Körper im innern Raume ihres Calorimeters verbrennen. Aber auch dieſe Methode hat einige Unbequemlichkeit, weil die Luft, welche die Verbrennung unterhält, erneuert werden muß, und die Wirkungen, welche dieß hervorbringen kann, in Rechnung gebracht werden müſſen. Auch Despretz hat einige Verſuche nach einer andern Methode angeſtellt. In folgender Tafel ſind die von ihnen erhaltenen Reſultate zuſammengeſtellt. R bezeichnet die von Rumford erhaltenen Zahlen, LL die von Lavoiſier und Laplace, D die von Despretz.

Namen der Subſtanzen.	Erhebung der Temperatur, welche 1 Gr. jeder Subſtanz beim Verbrennen mit Sauerſtoff 1 Gr. Waſſer mittheilen würde.	Erhebung der Temperatur, welche 1 Gr. Sauerſtoff beim Verbrennen jeder Subſtanz 1 Gr. Waſſer mittheilen würde.
Eiſen	— D.	5325°
Waſſerſtoffgas	23400° LL.	2910
—	— D.	2578
Olivenöl	11166 LL.	3696
—	9044 R.	2993
Weißes Wachs, ...	10500 LL.	3355
—	9479 H.	3029
Rapsöl, gereinigtes	9307 R.	—
Talg	8369 R.	—
—	7186 LL.	—
Schwefeläther	8030 R.	3136
Phosphor	7500 LL.	5885
Kohle	7226 LL.	2722
—	— D.	2967
Naphta	7338 R.	—
Alkohol bei 42° Beaumé	6195 R.	3019
— wäſſriger	5422 R.	—
— bei 33°.	5261 R.	—
Sehr trocknes Holz	4314 R.	3093

Die organiſchen Körper ſcheinen ſich den allgemeinen Geſetzen der Wärme zu entziehen, denn ſie ſind faſt niemals von der Temperatur der Mittel, in welchen ſie leben. Der menſchliche Körper iſt keineswegs von der Temperatur der Luft, die ihn umgibt; die Thiere der Polargegenden ſind wärmer als das Eis, auf welchem ſie ruhen; die Thiere der Aequatorialgegenden kälter als die brennende Luft, welche ſie athmen. Die Vögel haben keineswegs die Temperatur der Atmoſphäre, noch die Fiſche die Temperatur des Waſſers, in welches ſie getaucht ſind. Es gibt mithin in den organiſchen Körpern eine eigenthümliche Wärme, oder vielmehr ein Mittel, um nach Bedürfniß Wärme oder Kälte zu erzeugen; denn die wägbare Materie, aus welcher ſie beſtehen,

muß nothwendig als ſolche den allemeinen Geſetzen vom Gleichgewicht der Temperatur unterworfen ſein. Dieſe Grundfrage über die Wärme der lebenden Körper reducirt ſich auf drei weſentliche Punkte: 1) welche Temperatur haben ſie? 2) welche Quantitäten Wärme können ſie in einer gegebenen Zeit erzeugen? 3) durch welche Mittel können dieſe Wärmequantitäten erzeugt werden?

Was den menſchlichen Körper betrifft, ſo ſcheint die innere Temperatur in den verſchiedenen Organen dieſelbe zu ſein, und ſie ſcheint dieſelbe zu ſein, welche man erhält, wenn man ein kleines Thermometer unter die Zunge bringt und der Mund genau verſchloſſen bleibt während der ganzen Zeit, in welcher das Thermometer ſeinen Stand verändert. Dieſe Temperatur iſt 37° C.; der Zuſtand der Geſundheit und Krankheit, das Alter und das Klima können darin nur geringe Veränderungen hervorbringen. John Davy hat über dieſen Gegenſtand auf ſeinen Reiſen intereſſante Beobachtungen angeſtellt, beſonders auf einer Ueberfahrt von England nach der Inſel Ceylon. Indem er in verſchiedenen Breiten die Temperatur verſchiedener Menſchen von der Schiffsmannſchaft nahm, bemerkte er, daß ſie zunahm, je tiefer ſie in die heißen Länder kamen. Dieſe Zunahme iſt jedoch ſtets ſchwach, denn ſie beträgt nicht mehr als etwa 1 Grad. Zu gleicher Zeit nahm John Davy die Temperaturen von Eingebornen auf Ceylon, von den Hottentotten, den Negern von Madagaskar und Mozambique, von Abinos, Malayen, Cipayen, Budhaprieſtern, welche nur Hülſenfrüchte genießen, und von Vaida's, welche nur Fleiſch eſſen. Alle dieſe Temperaturen ſind ſehr wenig verſchieden; die niedrigſte von allen iſt 35,8, welche zwei Hottentotten vom Kap der guten Hoffnung gehört, die höchſte 38,9, welche zwei in Colombo gebornen, europäiſchen Kindern gehörte, von denen das eine 8, das andere 12 Jahr alt war.*) John Davy hat über dieſen Gegenſtand eine große Anzahl von Beobachtungen angeſtellt.

Namen der Thiere.	Temperatur nach Graden C.	Umgebende Temperatur.	Ort der Beobachtung.
Säugethiere.			
Affe	+39°,7	+30°	Colombo.
Das kurzgeſchwänzte Schuppenthier	26,7	27	ebend.
Fledermaus	37,8	28	—
dieſ.	38,3	28	—
Vampir	37,8	21	—
Eichhörnchen	38,8	27	—
Gem. Ratte	38,8	26,5	—
Gem. Haſe	37,8	26,5	—
Ichneumon	39,4	27	—

*) Douville hat auf einer Reiſe in Afrika Verſuche über die Blutwärme von Negern angeſtellt, aus denen er den Schluß zieht, daß bei jungen Ne-

Namen der Thiere.	Temperatur nach Graden C.	Umgebende Temperatur.	Ort der Beobachtung.
Tiger	+37,2°	+26,5°	Colombo.
Hund	39,0	26,5	Kandy.
derſ.	39,6	26,5	ebend.
Schakal	38,3	29	Colombo.
Gem. Katze.	38,3	15	London.
dieſ.	38,9	26	Kandy.
Panther	38,9	27	Colombo.
Pferd (arabiſche Raçe)	37,5	26	Kandy.
Hammel	39,3 bis 40,0	Frühling	Schottland.
derſ.	39,5 bis 40,0	19	Cap der gut. Hoffnung.
—	40,0 bis 40,5	26	Colombo.
Ziegenbock	39,5	26	ebend.
Ziege	40,0	26	—
Ochs	38,9	Frühling	Edinburg.
derſ.	38,9	26	Kandy.
Hirſchkuh	39,4	25,6	Colombo.
Schwein	40,5	25,6	Doombera.
Elephant	37,5	26,7	Colombo.
Meerſchwein	37,8	23,7	Im Meer 8° 23′ n. Br.
Vögel.			
Weihe (Milan)	37,2	25,3	Colombo.
Käutzchen	40,0	15,6	London.
Papagei	41,1	24,0	Kandy.
Dohle	42,1	31,5	Ceylon.
Gem. Droſſel	42,8	15,5	London.
Gem. Sperling	42,1	26,6	Kandy.
Gem. Taube	42,1	15,5	London.
dieſ.	43,0	25,5	Colombo.
—	43,3	25,5	ebend.
Huhn (Poule de Jungles)	42,0	25,5	Ceylon.
daſſ.	42,5	25,5	ebend.
Gem. Huhn	42,5	4,5	Edinburg.
daſſ.	43,3	25,5	Colombo.
—	42,2	25,5	ebend.
Alter Hahn	43,3	25,5	—
Ausgewachſener Hahn	43,9	25,5	—
Huhn von Guinea	43,9	25,5	Bei Colombo.
Truthahn	42,7	25,5	ebend.
Sturmvogel	40,3	26	Im Meer 2° 3′ n. Br.
Cap-St	40,8	15	ebend. 34° ſüdl. Br.
Gem. Gans	41,7	25,5	Bei Colombo.
Gem. Ente	43,9	25,5	ebend.

gern das Blut wärmer iſt als bei alten, und bei dieſen wärmer als bei Weißen. Das Thermometer wurde beobachtet, indem es von der Hand umſchloſſen wurde, und die Weißen und Neger zeigten einen Temperaturunterſchied von ungefähr 2° R. Derſelbe Reiſende glaubt auch gefunden zu haben, daß die Wärme mit den geiſtigen Fähigkeiten in umgekehrtem Verhältniß ſtehe.

Namen der Thiere.	Temperatur nach Graden C.	Umgebende Temperatur.	Ort der Beobachtung.
Amphibien.			
Schildkröte	+28,9°	+26°	Im Meer 2°27′ n. Br.
dieſ.	29,4	32	Colombo.
Geometr. Schildkröte.....	16,9	16	Cap der gut. Hoffnung.
dieſ.	30,5	26,6	Colombo.
Rana Ventricosa..........	25.0	26.7	Kandy.
Kropfeidechſe (Iguana)....	29,0	27,8	Colombo.
Schlange..................	31,4	27,5	ebend.
dieſ.	29,2	28,1	—
—	32,2	28,3	—
Fiſche.			
Hayfiſch..................	25,0	23,7	Im Meer 8°23′ n. Br.
Breitfiſch im Herzen..............	27,8	27,2	ebend. 1°14′ ſüdl. Br.
— in den innern Muskeln..............	37,2	27,2	—
Gem. Forelle..............	14,4	13,3	Bei Edinburg.
Flieg. Fiſch..............	25,5	25,3	Im Meer 6°57′ n. Br.
Mollusken.			
Gem. Auſter..............	27,8	27,8	Bei Colombo.
Schnecke..................	24,6	"	Kandy.
Cruſtaceen.			
Krebs.....................	26,1	26,7	Colombo.
Krabbe....................	22,2	22,2	Gegend von Kandy.
Inſekten.			
Käfer (Scarabée)........	25,0	24,3	Kandy.
Johanniswurm	23,3	22,8	ebend.
Blatta orientalis.........	23,9	28,3	—
dieſ.	23,9	23,3	—
Grille....................	22,5	16,7	Cap der gut. Hoffnung.
Wespe.....................	24,4	23,9	Kandy.
Scorpion..................	25,3	26,1	ebend.
Vielfuß (Julus)...........	25,8	26,6	—

Bei den Amphibien iſt die Zahl in der Columne „Umgebende Temperatur" die Temperatur der Luft, bei den Fiſchen, der gem. Auſter und der Krabbe die des Meeres. — Wie man ſieht, ſind die Vögel unter allen Thieren diejenigen, deren Temperatur am höchſten iſt; dann kommen die Säugethiere, hierauf die Amphibien, die Fiſche und gewiſſe Inſekten. Die letzte Klaſſe bilden die Molusken und Cruſtaceen, welche ziemlich die umgebende Temperatur haben, ſo wie dieſes auch mit den Würmern der Fall iſt, mit denen man bis jetzt Unterſuchungen angeſtellt hat. Der Breitfiſch bietet ein merkwürdiges Beiſpiel dar. Während das Meer 27°,2 hat, ſo wird die Temperatur des Breitfiſches im Herzen 27°,8 gefunden, 37°,2 in den innern Muskeln.

Das Herz liegt ſehr nahe an der Oberfläche. — Nobili und Melloni haben durch genaue Beobachtungen (mittels der Thermomultiplicators) gefunden, daß die Temperatur der Inſekten etwas höher ſei als die der umgebenden Luft, ein Reſultat, zu dem auch Davy im Allgemeinen, jedoch mit mehren Ausnahmen gekommen war. Sie zogen 40 Species aus allen Klaſſen in den Verſuch. Beim Vergleiche der Reſultate, welche ſie bei der Ordnung der Lepidopteren (Schmetterlinge) erhielten, fanden ſie das merkwürdige Geſetz: die Raupen beſitzen immer eine höhere Temperatur als die Puppen und Schmetterlinge.

Die Wärmequantitäten können mittels des Calorimeters beſtimmt werden, und Lavoiſier und Laplace haben das von ihnen erfundene Inſtrument zu derartigen Unterſuchungen benutzt. Zuletzt hat Dulong ſich eines anderen ſehr genauen Mittels bedient. Das Thier, welches in den Verſuch gezogen werden ſoll, wird eingeſchloſſen in einen Kaſten von dünnem Kupfer, welcher in eine große Maſſe Waſſer geſenkt iſt; die Luft, welche es zum Athmen nöthig hat, wird durch einen Gaſometer geliefert, die Produkte der Athmung werden nach Außen abgeleitet; ſie treten mit der Temperatur der Waſſermaſſe aus, und werden geſammelt und analyſirt. Der Verſuch dauert ungefähr 2 Stunden, und aus der Erhebung der Temperatur des Waſſers urtheilt man, nach Anbringung aller nöthigen Correcturen, wie groß die Quantität Wärme ſei, welche das Thier bei dem Verſuche geliefert hat. Dulong hat dieſe Wärmequantitäten mit großer Genauigkeit beſtimmt, für verſchiedene junge oder ausgewachſene, fleiſch- oder pflanzenfreſſende Thiere. Da dieſe Thiere weder gezwängt noch abgemattet werden, ſo müſſen ſie, um in jedem Augenblicke Wärme verlieren zu können, auch in jedem Augenblicke eine gleiche Quantität erzeugen.

Die Luft, welche zum Athmen gedient hat, iſt auf dieſelbe Weiſe umgeändert, wie diejenige, die zur Verbrennung gedient hat. Der Sauerſtoff hat ſich zum Theil mit Kohlenſtoff verbunden, und Kohlenſäure gebildet. Es geht alſo in den Lungen eine wirkliche Verbrennung vor ſich. Lavoiſier hat dieſe Entdeckung zuerſt gemacht, und die thieriſche Wärme findet ihre Erklärung in der Erſcheinung des Athmens. Dulong hat zuerſt, wie gezeigt wurde, die Wärmequantität beſtimmt, welche ein Thier in einer gewiſſen Zeit verliert, und hat die durch die Athmung erzeugte Wärme zu berechnen geſucht. Die dem Thiere gelieferte Luft wird vom Gaſometer gemeſſen, die Veränderungen, welche ſie erleidet, werden durch die Analyſe beſtimmt. Sie ſind folgende: 1) ſie tritt feuchter aus; 2) ein Theil des Sauerſtoffes iſt durch Kohlenſäure erſetzt; 3) ein anderer Theil des Sauerſtoffes iſt verſchwunden; 4) das Stickgas erleidet nur geringe Veränderungen. Vorausgeſetzt, daß der Sauerſtoff, welcher in Geſtalt von Kohlenſäure austritt, ſich wirklich während des Athmens mit Kohlenſtoff verbunden hat, oder nach der Abſorption, ſo kann man die daraus ſich ergebende Wärmequantität berechnen. Angenommen ferner, daß ſich die verſchwundene Quantität Sauerſtoff mit Waſſerſtoff zur Bildung von Waſſer verbunden hat, ſo kann man gleichfalls die daraus folgende Wärmequantität berechnen. Die Summe dieſer beiden Wärmequantitäten ſtellt

gewiß alle Wärme vor, welche durch die Athmung erzeugt werden kann; nun gibt aber dieſe Summe der Erfahrung nach in gewiſſen Fällen $\frac{9}{10}$ der von dem Thiere verlorenen Wärme, in anderen Fällen nur $\frac{8}{10}$. Nach dieſem von **Dulong** gefundenen Reſultate ſcheint es, als müſſe es in dem Thiere noch eine andere Wärmequelle als die Athmung geben, die in den verſchiedenen Ausſcheidungen, welche in jedem Augenblicke vor ſich gehen, oder in der bald mehr bald weniger bedeutenden Thätigkeit des Nervenſyſtems zu ſuchen iſt. *)

Die Quellen der Wärme ſind ſehr mannigfaltig. Alle Gaſe entwickeln durch die Zuſammendrückung Wärme. Man kann den Verſuch mittels eines Apparates, ähnlich dem Tachopyrion, (ſ. d. Art. **Feuerzeug** S. 432, Bd. II. Fig. 154.) anſtellen. Iſt das Gas unter dem Kolben, welches zuſammengedrückt wird, atmoſphäriſche Luft oder Sauerſtoff, ſo wird bekanntlich durch einen lebhaften Druck ſoviel Wärme entwickelt, daß Schwamm entzündet wird. Die anderen Gaſe bringen die Entzündung nicht hervor, weil ſie keine verbrennenden Körper ſind, aber alle erhitzen ſich, und drei Gaſe: Luft, Sauerſtoff und Chlor erhitzen ſich bei einer ſchnellen und ſtarken Zuſammenpreſſung hinlänglich um im Finſtern zu leuchten. Man ſchloß aus dieſem Reſultate auf eine beſondere Eigenthümlichkeit dieſer Gaſe, aber **Thénard** hat gezeigt, daß dieſe Gaſe nur leuchtend werden, weil ſie ſich mit dem Fette des Kolbens (womit dieſer eingeſchmiert) oder mit einigen andern fremden Körpern verbinden. — Umgekehrt bringen alle Gaſe bei der Ausdehnung Kälte hervor. Um ſich hiervon zu überzeugen, hängt man ein Thermometer in die Mitte einer Glocke oder einer Kugel, die auf eine Luftpumpe geſchraubt iſt, und entleert ſie. So wie ſich die Luft oder das Gas verdünnt, fällt das Thermometer und man kann auf dieſe Weiſe ein Sinken des Queckſilbers bis 8 oder 10° unter die um-

*) **Hermann** macht folgende Bemerk. Man hat die Meinung aufgeſtellt, daß die thieriſche Wärme durch einen dem Verbrennungsproceſſe analogen chemiſchen Proceß erzeugt würde, der beim Athmen ſtattfinden ſoll. Wenn dieß der Fall wäre, ſo müßten die Thiere, die beim Athmen kein Waſſer aus ſeinen Elementen bilden, ſo viel Wärme ausſtrahlen, als der Kohlenſtoff, den ſie zu Kohlenſäure umbilden, bei ſeinem Verbrennen geben würde. Wir fanden, daß in den Nahrungsmitteln, die drei Finken in 48 St. zu ſich nehmen, 165,2 Gr. Kohlenſtoff enthalten war, den ſie zu Kohlenſäure umbilden und ausathmen müßten. Dieſelben Finken ſchmolzen in derſelben Zeit im **Lavoiſier**ſchen Calorimeter 16960 Gr. Eis. Nimmt man mit **Despretz** an, daß 1 Th. Kohle bei ihrer Umbildung zu Kohlenſäure 104 Th. Eis ſchmelze, ſo müſſen jene 165,2 Gran Kohlenſtoff 17180 Gran Eis ſchmelzen. Man kann daher die Vorausſetzung als richtig betrachten, daß die thieriſche Wärme durch die chemiſchen Proceſſe der Verdauung und des Athmens erzeugt werde. Bei Thieren, die bei ihrem Athmen kein Waſſer aus ihren Elementen bilden, iſt die Wärmeentwicklung proportional der Differenz des Kohlenſtoffgehaltes der Nahrungsmittel und der Excremente.

gebende Temperatur bewirken. Dieſe doppelte Wirkung ſcheint in den Apparaten für tragbares Gas zur Beleuchtung vor ſich zu gehen. Dieſe Apparate ſind ſtarke Cylinder von 2 bis 3 Fuß Länge, welche an beiden Enden in Halbkugeln ausgehen. Bringt man ſie mit dem Gaſometer in Verbindung, um ſie unter einem Drucke von 30 Atmoſphären zu füllen, ſo bemerkt man an dem Ende, durch welches das Gas eintritt, ein Sinken und am entgegengeſetzten Ende ein Steigen der Temperatur. Dieſe beiden Erſcheinungen der Erzeugung und Verſchluckung von Wärme erklären ſich hinreichend durch die Capacitätsveränderungen, welche bei den Gaſen die Dichtigkeitsveränderungen begleiten. Angenommen die Zuſammendrückung oder Ausdehnung geſchehe in einem für die Wärme undurchdringlichen Gefäße, ſo kommt Poiſſon zu folgender Formel für die Veränderungen der Temperatur, welche den Veränderungen des Volumens entſprechen:

$$x = (266°{,}67 + t)\left(\frac{d'}{d}\right)^{k-1} - 269°{,}67.$$

Hierin bezeichnet t die urſprüngliche Temperatur des Gaſes, d ſeine urſprüngliche Dichte, d′ ſeine Dichte nach der Zuſammendrückung oder Ausdehnung, x ſeine der Dichte d′ entſprechende Temperatur, k das Verhältniß ſeiner Capacität unter einem conſtanten Drucke zu ſeiner Capacität unter einem conſtanten Volumen; für Luft iſt der Werth von $k = 1{,}375$. — Gay-Luſſac hat über die Wärme der Gaſe zwei andere Beobachtungen gemacht, deren Erklärung ſchwieriger iſt. 1) Die Luft, welche aus einem Gefäß entweicht, indem ſie durch eine Oeffnung unter irgend welchem Drucke bläſt, ändert ihre Temperatur nicht, obgleich ſie beim Austreten aus dem Gefäße ſich ausdehnt. 2) Wird in einer Kugel ein luftleerer Raum erzeugt, oder nur die Luft verdünnt, ſo bewirkt der Wiedereintritt der äußern Luft eine Temperaturerhebung um mehre Grade. Aus der erſten Beobachtung ſcheint hervorzugehen, daß eine Wärmeentwicklung beim Wehen der Luft ſtattfindet, und daß dieſe Wärme um ſo bedeutender iſt, je größer der bei dem Wehen erzeugte Unterſchied des Druckes iſt, ſo daß die Erwärmung genau die durch die Ausdehnung erzeugte Kälte aufwiegt. Auf dieſe Weiſe erklärt ſich die zweite Beobachtung aus der erſten.

Es iſt eine bekannte Thatſache, daß ein Metall ſich erhitzt, wenn man es z. B. durch den Stoß des Prägſtockes auf dem Amboß ſchlägt, oder wenn es ſchnell und heftig zuſammengepreßt wird. Es war von Intereſſe zu beobachten, ob dieſe Wärmeentbindung von einer bleibenden Verminderung des Volumens begleitet iſt. Denn wenn der Körper einen Augenblick in ſeinem Volumen vermindert, und dann ſogleich wieder zurückgekehrt wäre, ſo würde kein Grund zur Wärmeerzeugung vorhanden ſein. Nun ergibt ſich aber aus einigen Verſuchen von Berthollet, Biot und Pictet, daß das Kupfer und das Silber, welche unter einem erſten Schlage des Prägſtockes viel Wärme entwickeln, unter dem zweiten Schlage weniger Wärme erzeugen, und noch weniger unter dem dritten. Sind ſie endlich ſo ſehr verdichtet, daß ihre Beſtandtheile nicht näher auf bleibende Weiſe zuſammenzukommen

vermögen, ſo bewirken die heftigſten Schläge keine weitere Temperaturerhöhung. Auf dieſem Punkte der Verdichtung verhalten ſie ſich wie die Flüſſigkeiten; ſie können ohne Zweifel noch weiter zuſammengepreßt werden, aber ſie kehren augenblicklich in ihr früheres Volumen zurück, und die Wärme, welche ſie bei dieſer augenblicklichen Zuſammendrückung entwickeln, iſt gleich der, welche ſie bei der gleich darauf folgenden Ausdehnung abſorbiren.

Die Metalle, das Holz und alle feſten Körper entwickeln durch Reibung Wärme. Ein Rad fängt Feuer, wenn es ſich ſehr ſchnell um ſeine Axe dreht; die Zapfen der Räder an den Rotationsmaſchinen erhitzen ſich ſo, daß ſie faſt ihre Unterlagen entzünden; das Holz ſelbſt entzündet ſich durch Reibung an Holz, und dieſes Mittel der Feuererzeugung iſt bekanntlich das einzige Feuerzeug der Wilden; zwei Eisſtücke unter 0° geben aneinander gerieben hinlänglich Wärme, um ſich an ihren Oberflächen zu ſchmelzen. Die bei der Reibung ſtattfindende Wärmeentwicklung iſt zum Theil ſo bedeutend, daß man ſie nicht ſowohl als Folge einer bleibenden Zuſammendrückung anſehen kann, ſondern ſie wohl mit Rumford wenigſtens zum Theil den Vibrationsbewegungen der geriebenen Beſtandtheilchen zuſchreiben muß. Folgende Verſuche ſprechen für dieſe Annahme. Eine Legirung von 1 Th. Eiſen und 2 Th. Spießglas gibt unter der Feile lebhafte Feuerfunken; es werden alſo die Theilchen der Feilſpähne durch die Reibung zur Temperatur der Verbrennung gebracht. Bei dem gemeinen Feuerzeuge reißen die rauhen Schärfen des Feuerſteines Furchen in den Stahl und reißen Stückchen davon ab, welche gleichfalls hinreichend erhitzt ſind, um ſich in der Luft zu entzünden und in Geſtalt kleiner durch die Schmelzung abgerundeter Kügelchen und zum Theil verbrannt herabzufallen. Rumford ließ auf dem Boden einer erzenen Kanone, welche ſenkrecht aufgeſtellt und mit Waſſer gefüllt war, einen Bohrer unter einem heftigen Drucke ſchnell umdrehen. In einer Zeit von 2 Stunden waren 4145 Grains (engl. Gew.) Erz in Staub verwandelt, und die entwickelte Wärme war im Stande 26 Pfd. Waſſer von 0° auf 100° zu bringen. Dieſe Wärme kam ohne Zweifel nicht von einer Veränderung der Dichte der Erzmaſſe oder der abgelöſten Spähne, denn dieſe hatten merklich dieſelbe Wärmecapacität wie die Erzmaſſe.

Bekanntlich iſt die Veränderung des Aggregationszuſtandes der Körper Veranlaſſung zur Abſorption oder Entwicklung von Wärme, und es iſt leicht, die Wärmequantitäten, um die es ſich hier handelt, zu beſtimmen. Man findet aber große Schwierigkeiten, wenn man verſucht, dieſe Erſcheinungen aus den verſchiedenen Capacitäten für die Wärme zu erklären, welche die Körper in den verſchiedenen Zuſtänden als feſte, tropfbarflüſſige und ausdehnſamflüſſige annehmen. Jeder feſte Körper entwickelt Wärme, ſobald er von einem flüſſigen benetzt wird. Dieſe allgemeine Thatſache iſt das Reſultat einer Reihe von Beobachtungen, welche Pouillet angeſtellt. Die Flüſſigkeiten waren Waſſer, Oel, Weingeiſt und Eſſigäther; die feſten Körper waren theils aus dem anorganiſchen, theils aus dem organiſchen Reiche; ſie waren in Pulverform gebracht, damit die Wirkung deſto merk-

licher wäre. Unter der großen Menge, welche in den Verſuch gezogen wurde, machte auch nicht einer eine Ausnahme. In den meiſten Fällen betrug die Erhöhung der Temperatur nicht über $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{3}$ Grad, einigemal aber ſtieg ſie bis 10°. Die Wirkung der Beſtandtheilchen (Molecular-Wirkung) des flüſſigen und des feſten Körpers aufeinander, welche unter dieſen Umſtänden erfolgt, iſt keine chemiſche Wirkung; ſie geht zugleich nur auf einem ſehr geringen Theil der Maſſe vor ſich, und man bemerkt doch, welche Quantität Wärme ſie entwickelt; die Beſtandtheilchen, welche hierbei in Thätigkeit ſind, um dieſe Wirkung hervorzubringen, müſſen ſich ſelbſt wohl in ſehr hohen Temperaturen befinden. Dieſe Wirkungen ſind nach Pouillet der ſtärkſte Beweis, daß die Molecular-Schwingungen Wärme entwickeln.

Eine der merkwürdigſten Wärmequellen iſt die Einwirkung des fein getheilten Platins u. A. auf Waſſerſtoffgas, welche bekanntlich Entzündung des Letztern zur Folge hat.*) Dulong und Thénard haben über dieſen Gegenſtand eine große Anzahl von Verſuchen angeſtellt, und ſind zu folgenden Reſultaten gekommen: 1) Palladium, Rhodium und Iridium verhalten ſich wie Platina; — 2) das Osmium wirkt auch bei 45°, das Gold bei 120° C.; — 3) die Kohle, das Glas, der Bimſtein und das Porzellan wirken gleichfalls aber bei Temperaturen um 250°; — 4) alle Körper verlieren die Eigenſchaft, von welcher die Rede, durch einen zu langen Aufenthalt in der Luft, aber es reicht hin ſie zu glühen, um ſie ihnen wieder zu geben.

Die chemiſchen Verbindungen ſind auf der Erdoberfläche die reichlichſten Wärmequellen. (S. oben S. 840).

Als eines Mittels Kälte zu erzeugen, bedient man ſich der ſogenannten Froſtmiſchungen. Man ſetzt ein kleines Gefäß mit dem Waſſer, welches man zum Gefrieren bringen will, in ein größeres, welches die Froſtmiſchung enthält. Dieſe Miſchungen ſind weder an ſich noch bleibend kalt, ſondern erzeugen nur einen hohen Kältegrad, weil bei der Vereinigung und Schmelzung ihrer Beſtandtheile eine große Quantität Wärme verzehrt wird. In folgender Tabelle ſind eine Anzahl derartiger Miſchungen zuſammengeſtellt. Die in ihr vorkommende verdünnte Schwefelſäure beſteht aus 11 Gewichtstheilen Waſſer und 10 Th. Vitriolöl, die verdünnte Salpeterſäure aus 1 Th. Waſſer und 2 Th. rauchender Säure. Die Salze ſind mit ihrem vollen Gehalte von Kryſtallwaſſer vorausgeſetzt. Sie wirken um ſo beſſer, je feiner gepulvert ſie angewendet werden, und ebenſo iſt der feinſte lockerſte Schnee am wirkſamſten.

---

*) Vergl. d. Art. Feuerzeug S. 435; Platin S. 151; Verbrennung S. 737 und Waſſerſtoff.

Froſtmiſchungen.	Das Réaum. Thermometer ſinkt	
	von	auf
4 Theile Aetzkali, 3 Th. Schnee............	0	— 37
3 Th. ſalzſ. Kalk, 2 Th. Schnee............	0	— 36
1 T. Schnee, 1 T. verdünnte Schwefelſäure	— 5	— 41
5 T. Glauberſalz, 4 T. verdünnte Schwefelſ.	+ 10	— 14
5 T. Salmiak, 5 T. Salpeter, 8 T. Glau-berſalz, 16 T. Waſſer...................	+ 10	— 12½
1 T. ſalpeterſ. Ammoniak, 1 T. Waſſer......	+ 10	— 12½
500 T. Schwefelſäure mit 333 T. Waſſer ver-dünnt und 1040 T. Glauberſalz...	+ 10	— 12
8 T. Glauberſalz, 5 T. verdünnte Salzſäure	+ 8	— 13½
3 T. Glauberſalz, 2 T. verdünnte Salpeterſ.	+ 10	— 11
2 T. Schnee, 1 T. verdünnte Schwefelſ., 1 T. verd. Salpeterſ......................	— 19	— 40
1 T. ſalpeterſ. Ammoniak, 1 T. kohlenſ. Na-tron, 1 T. Waſſer......................	+ 10	— 11
5 T. Salmiak, 5 T. Salpeter, 8 Th. Glau-berſalz	+ 8	— 12
6 T. Glauberſalz, 5 T. ſalpeterſ. Ammoniak, 4 T. verd. Salpeterſ....................	+ 10	— 8
500 T. Schwefelſ., verd. mit 208 T. Waſſer und 885 T. Glauberſalz................ ..	+ 10	— 8
10 T. Salpeter, 32 T. Salmiak, 57 T. ſalzſ. Kali, 25 T. Waſſer......................	+ 8	— 8
3 T. ſalzſ. Kalk, 1 T. Schnee..............	— 32	— 47
1 T. Schnee, 1 T. Kochſalz..................	0	— 14
1 T. Schnee, 1 T. verd. Salpeterſ...........	— 14	— 35
10 T. verd. Schwefelſ., 8 T. Schnee.........	— 44	— 55
2 T. ſalzſ. Kalk, 1 T. Schnee...............	— 14	— 44
1 T. Schnee, 5 T. Kochſalz, 5 T. Salmiak oder Salpeter............................	— 16	— 22
12 T. Schnee, 5 T. Kochſalz, 5 T. ſalpeterſ. Ammoniak...............................	— 22	— 25
2 T. Schnee, 1 T. Kochſalz..................	— 14	— 17
Eis oder Schnee in Alkohol geworfen.........	?	?

Ueber die durch Elektricität erregte Wärme, ſ. d. Art. Galvanismus.

Alle bisher angeführten Wärmequellen reichen nicht hin, die Wärmeerſcheinungen der Erde zu erklären. Von dieſen ſind die wichtigſten Thatſachen im Art. Erde beigebracht worden, und es iſt hier nur über die Beobachtungsart und namentlich über die Thermometerſchwankungen in der Luft an der Oberfläche der Erde Nachträgliches beizubringen, woran ſich dann eine allgemeine Erörterung der Quellen der Erdwärme, namentlich des erwärmenden Einfluſſes der Sonne ſchließen ſoll.

Pouillet beſchreibt ein Inſtrument deſſen er ſich mit Vortheil bei genauer Beobachtung der Luft an der Oberfläche des Erdbodens und zur Schätzung der Irrthümer bedient hat, denen man beim Gebrauch

der gewöhnlichen Thermometer ausgeſetzt iſt.*) RR' (Fig. 411.) iſt ein mit Queckſilber gefüllter Behälter von Eiſen, an den man unverrückbar ein gewöhnliches Thermometer T und ein Differential-Thermometer DD' befeſtigt, welches mit großer Sorgfalt graduirt worden iſt. Das Thermometer T gibt genau die Temperatur der Kugel B an, und man braucht nur die Stellung der Flüſſigkeitsſäule zwiſchen den Punkten D und D' zu beobachten, um daraus ſtreng die Temperatur der Kugel B' abzuleiten. Es iſt daher nur noch nöthig, die Kugel B' ſo einzurichten, daß dieſe Kugel B' immer in jedem Augenblicke die Temperatur der Luft annehme, welchen Zweck man möglichſt erreicht, wenn man ſie leicht macht und ihre Oberfläche vergoldet. Aus dem Gange dieſes Inſtrumentes verglichen mit dem eines gewöhnlichen Thermometers, welches frei an einem geeigneten Orte aufgeſtellt iſt, ſchließt Pouillet: daß die durch die gewöhnlichen Methoden gefundene Temperatur um mehr als 1 Grad über der wahren Temperatur der Luft ſein kann. Die Vorſichtsmaßregeln unter denen das Thermometer zu gebrauchen, ſind im Art. Thermometer S. 708 angegeben. Die mittlere Temperatur eines Ortes beſtimmte man früher im Allgemeinen ſo, daß man die höchſte und die niedrigſte Temperatur im

*) Pouillet bemerkt im Allgemeinen Folgendes. Wenn man ſich vornimmt, die Temperaturen eines Ortes durch beſtändige Beobachtungen zu beſtimmen, ſo muß man die größte Sorgfalt in der Wahl und Aufſtellung der Inſtrumente anwenden. Jedes Thermometer iſt gut, wenn es gut conſtruirt iſt, vorausgeſetzt, daß es nach richtigen Principien graduirt iſt, und daß es von Zeit zu Zeit in Bezug auf eine etwaige Veränderung des Nullpunktes controllirt werde. (Vergl. d. Art. Thermometer). Unter dieſen Bedingungen iſt die Wahl der Subſtanz nur von geringem Einfluß. Man kann ſich des Queckſilbers, der Weingeiſtes, des Waſſers, des Oels oder jeder andern Subſtanz bedienen, welche im Stande iſt, die Temperaturveränderungen ohne Veränderung ihres Aggregationszuſtandes zu ertragen. Doch müſſen die Maſſe des Inſtrumentes und ſein Strahlungsvermögen in Betrachtung gezogen werden. Ein großes Thermometer kann ungenau werden durch ſeine Unempfindlichkeit, denn wenn es z. B. 2 oder 3 Stunden braucht, um die umgebende Temperatur anzunehmen, ſo wird es die vorübergehenden Veränderungen der Temperatur nur falſch anzeigen; ein kleines Thermometer dagegen wird treu und in jedem Augenblicke die Einflüſſe, die auf daſſelbe wirken, wiedergeben. Ein Thermometer mit großem Strahlungsvermögen kann ungenau werden durch ſeine Empfindlichkeit, denn es erwärmt ſich und erkaltet aus zwei Urſachen: durch die Berührung der Luft und durch die Strahlung, welche dann einen merklichen Theil der ganzen Wirkung ausübt. Da man nun aber nur die Temperatur der freien Luftmaſſe ſucht, ſo muß man ſich offenbar ſoviel als möglich vor dem Strahlungsvermögen des Thermometers ſichern, und auf daſſelbe nur die Berührung der Luft wirken laſſen, deren Temperatur man kennen will.

Laufe eines Jahres ſuchte, beide addirte und mit 2 dividirte. Dieſes Verfahren iſt unſicher, weil dabei auf Extreme Rückſicht genommen wird, welche am weiteſten und unregelmäßig entfernt von derjenigen Temperatur liegen, welche wirklich die mittlere iſt. Jetzt nennt man die mittlere *Temperatur eines Tages* die Summe der Reſultate einer Anzahl von im Laufe eines Tages gemachten Beobachtungen, dividirt durch die Anzahl der Beobachtungen. Je größer dieſe Anzahl iſt, deſto genauer wird man im Allgemeinen die mittlere Tagestemperatur finden. Da die allzuzahlreichen Beobachtungen höchſt läſtig ſein würden, ſo hat man auf Methoden geſonnen, welche ein Reſultat geben, welches mit dem der wahren mittleren Tagestemperatur übereinſtimmt. Man kann ſich folgender 2 Methoden bedienen:

1) Das Mittel nehmen aus drei Beobachtungen, von denen die erſte beim Aufgang der Sonne, die zweite um 2 Uhr Nachmittags, die dritte bei Untergang der Sonne gemacht worden. So z. B. gab am 17. Jan. 1830 das Thermometer zu Paris

beim Aufgang der Sonne . . .	— 18°
um 2 Uhr Nachmittags	— 10
beim Untergang der Sonne . . .	— 13
Summa . .	41

wovon der dritte Theil — 13°,6 iſt; die mittlere Temperatur des 17. Jan. 1830; das *Maximum* des Jahres.

2) Das Mittel zweier Temperaturen nehmen: des *Maximums* (höchſten Thermometerſtandes) und des *Minimums* (niedrigſten Thermometerſtandes) des Tages. So hatte man den 29. Juli 1830 zu Paris

den höchſten Thermometerſtand . . .	31°	um $3^h \frac{1}{2}$
den niedrigſten Thermometerſtand . .	20,5	um 4^h Morgens
Summa . .	51,5.	

Die Hälfte davon iſt 25°,75, die mittlere Temperatur des 29. Juli 1830; das *Maximum* des Jahres. Dieſer letztern Methode bedient man ſich auf dem pariſer Obſervatorium.

Die *mittlere Temperatur eines Monates* iſt die Summe der mittleren Temperaturen aller Tage des Monates, dividirt durch die Anzahl der Tage. Bei vielen Beobachtungsverzeichniſſen pflegt man die mittlere Temperatur von je 10 Tagen zu ſuchen, und aus den drei Monatsangaben dann das Mittel zu nehmen. So hat man für den Juli 1830 folgende drei Angaben

vom 1 bis 10 . . .	16,3
vom 11 bis 21 . . .	18,5
vom 21 bis 31 . . .	21,8
Summa . .	56,6

davon iſt ein Drittheil 18,9 die mittlere Temperatur des Juli 1830.

Die *mittlere Temperatur des Jahres* iſt die Summe der mittleren Temperaturen der 12 Monate, dividirt durch 12. Man kommt jedoch ziemlich zu demſelben Reſultate durch zwei andere Methoden, nämlich: 1) wenn man nur das Mittel des Einen Monates

October nimmt; 2) wenn man das Mittel der entſprechenden Temperaturen einer einzigen Stunde des Jahres nimmt, für die Breite von Paris 9 Uhr Morgens. Folgende 2 Tafeln werden eine Vorſtellung geben von der Genauigkeit der beiden annähernden Methoden.

I. Vergleich der wahren Jahresmittel mit dem Mittel des Monats October (nach Humboldt).

Namen der Orte.	Mittlere Temperatur des Jahres.	Mittlere Temperatur des Monats October.	Mittlere Temperatur des Monats April.
Cairo	22°4	22°4	25°5
Algier	21,0	22,3	17,0
Natchez	18,9	20,2	19,1
Rom	15,8	16,7	13,0
Mailand	13,2	14,5	13,1
Cincinnati	12,0	12,7	13,8
Philadelphia	11,9	12,2	12,0
New = York	12,1	12,5	9,5
Peking	12,6	13,0	13,9
Buda	10,6	11,3	9,5
London	11,0	11,3	9,9
Paris	10,6	10,7	9,0
Genf	9,6	9,6	7,6
Dublin	9,2	9,3	7,4
Edinburg	8,8	9,0	8,3
Göttingen	8,3	8,4	6,9
Franecker	11,3	12,7	10,0
Kopenhagen	7,6	9,3	5,0
Stockholm	5,7	5,8	3,6
Chriſtiania	5,9	4,0	5,9
Upſala	5,4	6,3	4,3
Quebeck	5,5	6,0	4,2
Petersburg	3,8	3,9	2,8
Abo	5,2	5,0	4,9
Drontheim	4,4	4,0	1,3
Uleo	0,6	3,3	1,2
Umeo	0,7	3,2	1,1
Nordkap	0,0	0,0	— 1,1
Enontekies	— 2,8	— 2,5	— 3,0
Nain	— 3,1	+ 0,6	— 2,5

Dieſe Tafel zeigt, daß die Mittel des Octobers mit denen des Jahres ziemlich nah übereinſtimmen, ſelbſt für ſehr verſchiedene Breiten. Aus den Mitteln des April ſieht man, daß ſie im Allgemeinen etwas zu niedrig ſind, um die wahren Jahresmittel erſetzen zu können.

II. Vergleich der wahren Mittel und derer, die ſich aus den Beobachtungen um 9 Uhr Morgens für das pariſer Obſervatorium im Jahre 1829 ergaben.

Monate.	Mittlere Temperaturen der Monate.	Mittlere Temperaturen um 9 Uhr Morgens.
Januar	— 2°0	— 2°6
Februar	+ 2,7	+ 2,6
März	+ 5,7	+ 5,6
April	+ 9,8	+ 11,1
Mai	+ 14,9	+ 16,4
Juni	+ 17,1	+ 19,1
Juli	+ 18,6	+ 19,3
Auguſt	+ 17,0	+ 18,3
September	+ 13,7	+ 15,0
October	+ 10,0	+ 9,9
November	+ 4,7	+ 4,2
December	— 3,5	— 4,1
Mittel	+ 9,1	+ 9,6

Die mittlere Temperatur, welche die directe Methode gibt, iſt 9°,1; die durch den Monat April gegebene betrüge 9°,8; die durch den Monat October 10°,0 und endlich die aus den Mitteln der Beobachtung um 9 Uhr Morgens 9°,6, welche ſich von dem wahren Mittel nur um $\frac{1}{2}$ Grad entfernt. Während aber die Beobachtungen um 9 Uhr ein richtiges Jahresmittel geben, entſprechen die aus ihnen abgeleiteten Monatsmittel den wahren nicht, indem ſie für die warmen Monate zu hoch, für die kalten zu niedrig ſind.

Die mittlere Temperatur eines Ortes wird endlich gefunden, wenn man das arithmetiſche Mittel aller Jahresmittel nimmt.

Um ein Reſultat zu erhalten, welches ſich einigermaßen der Wahrheit nähert, muß man eine große Anzahl von Jahresmitteln kennen, und es wird auch nur unter der Bedingung überhaupt ein richtiges Reſultat der Art geben können, wenn die Abweichungen der Jahresmittel bald größer bald kleiner ſind als eine mittlere Größe, nicht aber wenn ein fortwährendes Abnehmen oder eine fortwährende Zunahme derſelben ſtattfindet. Wäre das letztere der Fall, ſo dürfte man kein Mittel ſuchen, ſondern müßte das Geſetz der Zu- oder Abnahme der mittleren Temperatur beſtimmen. Alle Beobachtungen ſcheinen jedoch darauf hinzudeuten, daß der Wechſel der mittleren Temperatur oſcillatoriſch iſt, d. h. daß ein Hin- und Herſchwanken der einzelnen Jahresmittel um eine bleibende mittlere Temperatur ſtattfindet. Je größer die Abweichungen der Jahresmittel für einen Ort ſind, deſto mehr Jahresmittel muß man kennen, um mit einiger Genauigkeit die mittlere Temperatur des Ortes zu beſtimmen. Trifft es ſich z. B. daß die größte Differenz zwiſchen den Mitteln von 20 Jahren 5° beträgt, ſo kann man mit einiger Wahrſcheinlichkeit annehmen, daß 100 Jahresmittel ein Mittel geben würden, welches noch um $\frac{5}{100} = \frac{1}{20}$ Grad im Irrthum ſein könnte. Iſt dagegen die größte Differenz zwiſchen den 20 Mitteln nicht mehr

als 1°, ſo kann man annehmen, daß 100 Jahresmittel ein Mittel geben, welches um nicht mehr als $\frac{1}{100}$ Grad falſch wäre. Bouvard hat das Mittel von Paris aus 21 Jahresmitteln von 1806 bis 1826 beſtimmt wie folgt:

1806	12°1	1811	12°0	1816	9°4	1821	11°1
1807	10,8	1812	9,9	1817	10,4	1822	12,1
1808	10,3	1813	10,2	1818	11,4	1823	10,4
1809	10,6	1814	9,8	1819	11,1	1824	11,2
1810	10,6	1815	10,5	1820	9,8	1825	11,7
						1826	11,4

Das endliche Mittel iſt 10°,8.

Während dieſer 21 Jahre fällt das niedrigſte Mittel 9°,4 auf 1816, das höchſte 12°,1 auf 1806 und auf 1822; ihre Differenz (das Maximum) beträgt 2°,7, mithin beträgt der mögliche Irrthum in 21 Jahren $\frac{2°,7}{21} = 0°,13$.

Die Beſtimmung der mittleren Temperaturen für verſchiedene Orte der Erde iſt bekanntlich von Humboldt zur Beſchreibung der iſothermiſchen Linien (ſ. d. Art. Erde S. 321) benutzt worden, und im Allgemeinen hängen von den mittleren Temperaturen die klimatiſchen Verſchiedenheiten (ſ. d. Art. Klima) ab, nach denen man verſchiedene Zonen unterſcheidet. Aber die Klimate, welche derſelben Zone oder derſelben Iſotherme entſprechen, können unter einander verſchieden ſein. Man kann conſtante oder unveränderliche Klimate diejenigen nennen, welche keine großen Differenzen im Gange der Temperatur des Jahres zwiſchen der höchſten und niedrigſten Temperatur zeigen, veränderliche die, welche ziemlich große Unterſchiede darbieten, und übermäßige (excessifs) die, in denen ſehr große Differenzen auftreten. Folgende Tafel bietet ein Beiſpiel dieſer Unterſcheidung.

Namen der Orte.	Mittlere Jahrestemperatur.	Mittlere Temperatur des heißeſten Monats.	Mittlere Temperatur des kälteſten Monats.	Differenzen.
Funchal....	20,3	24,2	17,2	6,4
	—	—	—	—
St. Malo	12,3	19,4	5,4	14,0
Paris	10,6	18,5	2,3	16,2
London.....	10,2	18,0	3,2	15,8
	—	—	—	—
New=York	12,1	27,1	3,7	30,8
Peking.....	12,7	29,1	4,1	33,2

Funchal hat conſtantes Klima; ein Charakter, der faſt ſtets den Inſeln zukommt. St. Malo, London und Paris bieten Beiſpiele veränderlicher Klimate, während New=York und Peking offenbar übermäßige Klimate haben.

Im Art. Erde (S. 314) iſt bereits geſagt worden, daß die Variationen des Thermometers bei gewiſſen Tiefen unter der Erdoberfläche

aufhören merkbar zu werden, und man kann daher eine Fläche der unveränderlichen Temperatur (welche eben ſo unregelmäßig ſein wird wie die wirkliche Erdoberfläche) rings um die Erdkugel annehmen, innerhalb welcher keine Temperaturwechſel mehr ſtattfinden. Es iſt höchſt wahrſcheinlich, daß der Punkt, wo in dieſer Weiſe eine conſtante Temperatur eintritt, die mittlere Temperatur des Ortes der Oberfläche der Erde hat, unter welchem er liegt. Eben ſo iſt im Art. Erde auch ſchon von der Zunahme der Temperatur beim Hinabſteigen unter die Erdoberfläche und von der Abnahme derſelben beim Erheben über die Erdoberfläche geſprochen worden. Ueber die Temperatur der Quellen, des Meeres ſ. d. Art. Erde und die Art. Quellen und Meer. Es bleibt nur noch übrig die vorzüglichſten Urſachen zuſammenzuſtellen, welche zuſammen wirken, um auf der ganzen Ausdehnung der Erde die Vertheilung der Wärme und die Folge der Temperaturen, welche man beobachtet, zu erhalten.

Genaue Unterſuchungen können in dieſer Beziehung nur unter Zuziehung der Mathematik geſchehen, wie dieſes von Fourier in Ausführung gebracht worden iſt. Derſelbe hat alle bekannten Thatſachen erörtert, und dem Calcul unterworfen. Dabei iſt er zu folgenden Beſtimmungen gekommen.

1) Alle Wärme unter der Fläche der unveränderlichen Temperatur iſt eine urſprüngliche Wärme, welche die Erdkugel von ihrer Entſtehung her hat.

2) Dieſe Wärme iſt conſtant*), und in einem ausgedehnten Centralkerne außerordentlich groß; in einem gewiſſen Abſtande vom Mittelpunkte beginnt ſie ſich nach regelmäßigen Geſetzen zu vermindern, bis zur Fläche der unveränderlichen Temperatur.

3) Dieſes innere Gleichgewicht, welches wir gegenwärtig beobachten, ändert ſich mit der Zeit, und wird ſich ohne Aufhören bis zu dem Augenblicke ändern, wo die ganze urſprüngliche Wärme völlig durch die Oberfläche zerſtreut ſein wird; aber dieſe Aenderungen gehen ſo langſam vor ſich, daß eine lange Reihe von Jahrhunderten nöthig ſein wird, ehe ſie für unſere Beobachtungen bemerkbar ſein wird.

4) Dieſer Wärmeſtrom, welcher aus den tiefen Schichten kommt, um durch die Oberfläche zu entweichen, kann, wie groß er auch iſt, um eine merkbare Weiſe weder die mittlere Temperatur der Erdoberfläche ſelbſt modificiren, noch die Folge der Temperaturen, welche nach den Jahreszeiten, in der ganzen oberen Rinde der Erde auf der Fläche der unveränderlichen Temperatur vorkommen. Fourier ſchätzt z. B., daß die Temperatur der Oberfläche nicht um $\frac{1}{30}$ Grad C. afficirt werden könne.

5) Endlich, die Klimate und die Folge der Jahreszeiten hängen einzig von der Wärme ab, welche ſich in den oberen Erdſchichten über der Fläche der unveränderlichen Temperatur vertheilt; dieſe Wärme kommt einzig von der Wirkung der Sonne; ſie iſt angehäuft während eines

*) Vergl. d. Art. Erde S. 317.

Theils des Jahres, zerſtreut während des anderen, ſo daß endlich eine vollſtändige Ausgleichung ſtattfindet.

Nehmen wir einen Augenblick an, daß die Erde ſo wie ſie mitten im Weltenraume ſchwebt, nicht mehr erwärmt ſei, weder durch die Sonnenſtrahlen, noch durch irgend einen andern Wärmeſtrahl, und verfolgen wir die Erſcheinungen, die ſich ergeben würden. Alle Beſtandtheilchen der atmoſphäriſchen Luft, welche wie die anderen materiellen Beſtandtheilchen mit der Fähigkeit der Ausſtrahlung begabt ſind, würden ihre Wärme nach allen Richtungen ausſtrahlen und immer mehr erkalten, denn ihr Verluſt würde nicht erſetzt. Indem ſich ihre Dichte vermehrte, würden ſie auf die Erde zufallen, während andere Beſtandtheilchen aufſtiegen um auch ihrerſeits zu erkalten. Und, wenn man annimmt, daß die Oberfläche der Erde ihnen die Wärme, welche ihr übrig bleibt, nicht mittheilen könne, ſo iſt klar, daß nach einer gewiſſen Zeit endlich alle Lagen der Atmoſphäre eine Kälte angenommen haben müßten, von der wir keine Vorſtellung haben. Eine analoge Erſcheinung würde auch auf der Erde vor ſich gehen; die Lagen der Erde würden durch die Atmoſphäre ausſtrahlen; alsbald erkaltet durch die Verluſte, welche nicht erſetzt würden, würden ſie von den unteren Schichten Wärme empfangen und die ſo empfangene Wärme ginge bald auf demſelben Wege verloren. Nach einer beſtimmten Zeit würde die Erde alle ihre Wärme verloren haben, aber dieſes Verlieren der Wärme würde an den verſchiedenen Orten mit verſchiedener Schnelligkeit erfolgen, je nachdem dieſe Orte ein größeres oder geringeres Strahlungsvermögen beſäßen und die unteren Schichten beſſere oder ſchlechtere Wärmeleiter wären. Daſſelbe was ſich unter der Vorausſetzung ereignet, daß die Atmoſphäre und die Erde ihre Wärme nicht theilen könnten, würde auch eintreten, wenn die nur in der Vorſtellung aufhebbare Verbindung ſtattfände; denn die Luft würde wohl den Boden und dieſer jene erwärmen können, endlich aber würde nichts deſto weniger die geſammte Wärme in den Weltraum verloren gegangen ſein. Alles auf der Erde würde alſo zu abſoluter Kälte kommen. Stellen wir jetzt die Lage der Dinge wieder ſo her wie ſie wirklich iſt, und ſehen wir nur noch einen Augenblick von den Sonnenſtrahlen ab, welche die Erde treffen, während wir die unzähligen Geſtirne berückſichtigen, welche die verſchiedenen Gegenden des Himmels einnehmen. Alles führt uns dahin zu glauben, daß dieſe Geſtirne, welche ſo blendend leuchten, der Wärme nicht beraubt ſind; es herrſcht daher wahrſcheinlich in dem Weltraum eine gewiſſe Temperatur, und die Erde, mitten in dieſem Raume ſchwebend, würde aufhören zu erkalten, wenn ſie bis zu dieſer Temperatur herabgeſunken wäre. Sieht man von der Sonnenwärme ab, ſo wird alſo die Erdkugel auf einem gewiſſen Wärmegrade erhalten, welcher ohne Zweifel einen großen Einfluß auf die Temperatur der verſchiedenen Klimate hat. Viele Anzeigen des Calculs und der Erfahrung deuten darauf hin, daß dieſe Temperatur des Weltraumes geringer als — 50 oder — 60° C. iſt. Dieſe Betrachtungen werden die Schätzung der wärmenden Wirkung der Sonne auf die Erde erleichtern, denn dieſe Wirkung verhindert nicht, daß die Erſcheinungen, von denen ſo eben geſpro=

chen wurde, nicht in jedem Augenblicke vor ſich gehen. Die Wärmeausſtrahlung der Erde wird durch die Sonnenwärme nicht aufgehoben, ſondern nur compenſirt. Prüfen wir zunächſt, was auf der Erde in irgend einem Lande vom Niedergange bis zum Aufgange der Sonne vor ſich geht. Sobald die Urſache der Erwärmung nicht mehr vorhanden iſt, iſt die ganze Oberfläche des Bodens der freiwilligen Abkühlung, von welcher geſprochen wurde, überlaſſen. Wenn die Luft ruhig und völlig heiter iſt, ſo wird die Nacht kalt ſein, weil die Luft und die Erde durch Strahlung alle Wärme, die ſie verlieren können, ohne Erſatz verlieren werden. Iſt die Luft ruhig und neblich, oder iſt der Himmel mit Wolken bedeckt, ſo ſtrahlt der Boden auch noch Wärme aus, aber ſeine ſtrahlende Wärme wird von der Luft abſorbirt; ſie kann die Dicke der Atmoſphäre nicht mehr durchdringen, um ſich in den Himmelsraum zu verlieren; ebenſo verhält es ſich mit den nebligen Schichten der Luft, es bildet ſich ein fortwährender Wärmewechſel zwiſchen dem Boden und den unteren Schichten der Atmoſphäre, und dieſe der Erde auf dieſe Weiſe bewahrte Wärme erhält ihr eine Temperatur, welche ſich nur ſehr langſam bis zum Sonnenaufgang erniedrigt. Wie nur ein ſehr leichter Nebel nöthig iſt, um das Licht aufzuhalten, ſo iſt nur ein kaum ſichtbarer Dunſt nöthig, um die ſtrahlende Wärme aufzuhalten, welche ſtets ſchwieriger durch die Körper dringt als das Licht. Der Wind modificirt die Erſcheinungen ſchon durch die ihm ſelbſt eigenthümliche Temperatur, die er bei der Berührung den Körpern mehr oder weniger vollſtändig mittheilt, je nachdem er mehr oder weniger heftig weht. Die angegebenen Principe der nächtlichen Strahlung führen zu folgenden Schlüſſen.

1) Unter günſtigen Umſtänden, (d. h. bei ruhigem Wetter und heiterm Himmel) kann ſich die Temperatur an der Oberfläche des Bodens an unbedeckten Orten um mehre Grade unter die Temperatur der unteren Luftſchichten erniedrigen;

2) Der Grad der Temperaturerniedrigung der Körper an ihrer Oberfläche wird deſto größer ſein, je größer ihr Ausſtrahlungsvermögen und je weniger vollkommen ihre Leitungsfähigkeit iſt. *)

Während des Tages wird die Strahlung ebenſo wie während der Nacht ſich fortſetzen, aber die Wirkungen werden dann durch eine mächtige Urſache modificirt. Die Sonnenwärme compenſirt den erlittenen Wärmeverluſt und zwar nimmt dieſe Compenſation zu von Aufgang der Sonne bis einige Zeit nach Mittag, und nimmt nachher bis zu Sonnenuntergang wieder ab. In den kalten Monaten iſt die Wärme, welche durch die Ausſtrahlung verloren geht, größer als diejenige, welche durch die Sonnenwärme gewonnen wird, und in den warmen Monaten findet das umgekehrte Verhältniß ſtatt. Durch zufällige Umſtände: Wind, Wolken, Nebel, Regen u. ſ. w. wird das Verhältniß zwiſchen der Wirkung der Sonne und der Ausſtrahlung mannigfach modificirt, ſo daß es im Winter warme und im Sommer kalte Tage gibt. Dieſe Unregelmäßigkeiten ſind ſelbſt aber eine Art von Compenſation; wenn

---

*) Vergl. d. Art. Thau.

z. B. der Wind einen Ort erwärmt, ſo erkältet er einen andern; es iſt dieſelbe Quantität Wärme, welche anders vertheilt wird. Das Gleichgewicht der Temperatur iſt jetzt hergeſtellt: die Erde verliert genau jedes Jahr die ganze Wärmequantität, welche ſie von der Sonne empfängt; denn wenn ſie weniger verlöre, ſo würden alle Klimate von Jahr zu Jahr wärmer werden und wenn ſie mehr verlöre, ſo würden ſie von Jahr zu Jahr kälter werden, welches gegen die Erfahrung der Jahrhunderte iſt.

Es bietet ſich hier eine Aufgabe von großem Intereſſe für die Wiſſenſchaft dar, nämlich mit Genauigkeit zu beſtimmen, wie groß diejenige ſich gleichbleibende Wärmequantität ſei, welche durch die Sonne im Laufe eines Jahres über die Erdkugel ausgegoſſen wird, welche an jedem Orte während beſtimmter Jahreszeiten angehäuft iſt, dann unter die verſchiedenen Klimate vertheilt wird, und endlich durch die Strahlung verloren geht, mit einer ſo bewundernswürdigen Regelmäßigkeit, daß am Anfang des folgenden Jahres keine Spur übrig bleibt. Dieſe Aufgabe iſt durch directe Verſuche, welche anfangs ſehr ſchwierig ſchienen, und doch ſehr einfach ſind, gelöſt worden. Der Apparat, deſſen ſich Pouillet für dieſe Unterſuchungen bedient hat, iſt in Fig. 412. dargeſtellt. Er beſteht in einem Cylinder mit doppelter Hülle von ungefähr 2 Fuß Länge bei 4 Zoll Durchmeſſer. Der ganze Raum GG zwiſchen den beiden Hüllen iſt mit geſtoßenem Eiſe gefüllt. Das Ende S, welches gegen die Sonne gewendet werden ſoll, trägt eine Art von an einem Ende mit einem Parallelglaſe V verſchloſſenen Rohre, welche am anderen Ende ein kleines, von einer beſtimmten Oeffnung durchbohrtes Diaphragma D trägt. Das andere Ende T trägt ein Thermometer mit geſchwärzter Kugel. Wenn man einen Kegel annimmt, welcher als Spitze den Mittelpunkt der Thermometerkugel und als Grundfläche die Oeffnung des Diaphragma hat, ſo muß dieſer Kegel verlängert die Scheibe der Sonne einhüllen, d. h. ſein Winkel am Mittelpunkt iſt ungefähr 32′. Im innern Raume wird mittels des Hahnes R (deſſen Röhre auf eine Luftpumpe geſchraubt werden kann), ein luftleerer Raum erzeugt. Der Apparat iſt auf den Fuß eines Teleſkops geſtellt, und mittels eines kleinen Loches, welches in eine angefügte Platte E gebohrt iſt und eines Merkzeichens, welches in I auf eine Platte von Elfenbein gezeichnet iſt, kann man mit Genauigkeit die Bewegungen ſo richten, daß die Axe AA′ gegen den Mittelpunkt der Sonne gerichtet iſt. Sind dieſe Bedingungen erfüllt, ſo beobachtet man das Thermometer und unterhält den Verſuch bis zu dem Augenblicke, wo es ſein Maximum erreicht. Da ſeine Temperatur 0 iſt, wenn das Bündel Sonnenlicht nicht auf ihn wirkt, ſo iſt klar, daß die Wirkung der Sonnenwärme durch die Erhebung des Thermometers über 0 gemeſſen wird. Dieſe Erhebung iſt abhängig von der Höhe der Sonne über dem Horizont. Bringt man alle Correctionen in Rechnung, welche angebracht werden müſſen, für den Antheil Wärme, welcher durch das Glas V abſorbirt wird, und welcher durch vorläufige Verſuche beſtimmt wird, ſo kann man leicht die Wirkung der Sonnenſtrahlen auf das Thermometer in den verſchiedenen Stunden des Tages beſtimmen. Pouillet hat auf

dieſe Weiſe mehre Verſuchsreihen von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang für verſchiedene Epochen des Jahres angeſtellt. Das Maximum der Erhebung des Thermometers findet ſtets um Mittag ſtatt, es iſt im Sonnenſolſtitium 7°,5. Pouillet berechnet, daß die geſammte Quantität Wärme, welche im Laufe eines Jahres von der Sonne über die Erdkugel ausgegoſſen wird, derjenigen gleich iſt, welche eine Lage Eis ſchmelzen würde, die in einer Dicke von 14 Meter die ganze Erdkugel überzöge.

Wage, ein Inſtrument, welches dient das abſolute ſowohl als das ſpecifiſche Gewicht der verſchiedenen Körper zu beſtimmen und bei dem im Allgemeinen nach den bekannten Geſetzen des Hebels (ſ. d. Art.), Körper von bekanntem Gewichte mit Körpern von unbekanntem Gewicht verglichen und auf dieſe Weiſe das Gewicht der letzteren erkannt wird. Die Lehre vom Hebel, welche bei der Wage in Anwendung kommt, iſt: Ein zweiarmiger Hebel iſt dann im Gleichgewicht, wenn ſich ſeine Arme umgekehrt wie die gegen dieſelben wirkenden Gewichte (Kräfte) verhalten, oder, was daſſelbe, wenn die Länge des einen Armes multiplicirt mit dem von ihm getragenen Gewichte gleich iſt dem Producte aus dem andern Arme und ſeinem Gewichte. Bezeichnen wir den einen Arm des Hebels mit A, ſein Gewicht mit G, den anderen Hebelarm mit a, ſein Gewicht mit g; ſo muß ſein $A : a = g : G$ oder $AG = ag$. Hat man nun einen im Gleichgewicht befindlichen Hebel und kennt die Länge ſeiner Arme, A und a, und das Gewicht des einen Armes g, ſo läßt ſich das unbekannte Gewicht des andern Armes G leicht berechnen; es iſt $G = \frac{a}{A} g$. Befinden ſich nachher an den Armen deſſelben Hebels andere Gewichte, z. B. G′ und g′, und iſt von dieſen wieder eines g′ bekannt, ſo findet man das andere wieder durch die Gleichung $G' = \frac{a}{A} g'$. Man ſieht, daß das unbekannte Gewicht jederzeit ſo gefunden wird, daß man das bekannte jenem das Gleichgewicht haltende Gewicht mit $\frac{a}{A}$ multiplicirt. $\frac{a}{A}$ bleibt für dieſelbe Wage unveränderlich, (es iſt das Verhältniß der Arme) und muß ein für allemal bekannt ſein.

Bei der gemeinen Wage iſt $a = A$, mithin $\frac{a}{A} = 1$ und folglich muß damit Gleichgewicht ſtattfinden $G = g$ ſein. Die Operation mit der gemeinen Wage, die Gewichtsbeſtimmung, das Wägen geſchieht nun im Allgemeinen ſo, daß man einen gleicharmigen Hebel, an deſſen einem Arm ein Körper von unbekanntem Gewicht befeſtigt iſt, dadurch ins Gleichgewicht zu bringen ſucht, daß man an den anderen Hebelarm einen Körper von bekanntem Gewichte anbringt; iſt dann das Gleichgewicht durch Verſuche hergeſtellt, ſo weiß man, daß der unbekannte Körper genau daſſelbe Gewicht hat, eben ſo viel wiegt, wie der Körper von bekanntem Gewicht. Die Körper von bekanntem

Gewicht, deren man ſich hierbei bedient, werden vorzugsweiſe **Gewichte** genannt, und es iſt klar, daß man deren um Körper vom kleinſten bis zum größten Gewichte (ſtets innerhalb gewiſſer Grenzen) wägen zu können, ſtets eine gewiſſe Anzahl von verſchiedener Mächtigkeit haben muß.

Bei der **Schnellwage** ſind die Hebelarme ungleich, ſo daß $\frac{a}{A}$ nicht $= 1$ wird, und zwar iſt der eine Hebelarm von gleichbleibender, der andere von veränderlicher Länge. Da ſich die Länge eines Hebelarmes nur dadurch beſtimmt, wie weit der Angriffspunkt der Laſt (des Gewichtes) von dem Ruhepunkte des Hebels entfernt iſt, ſo iſt klar, daß wenn man einen Hebel mit einem längeren und einem kürzeren Arme hat, das Verhältniß der Arme vielfach wird verändert werden können, wenn man den Angriffspunkt am kürzeren Arme unverändert läßt, den Angriffspunkt am längeren Arme bald näher, bald ferner vom Ruhepunkte des Hebels annimmt. Der zu unterſuchende Körper von dem unbekannten Gewichte G, ſei am kürzeren und unveränderlichen Hebelarme A angebracht, während ein beſtimmtes Gewicht g (der Laufer) am längeren und veränderlichen Hebelarme verſchiebbar iſt, ſo wird auch in dieſem Falle Gleichgewicht ſtattfinden, wenn die Länge des veränderlichen Hebelarmes a von der Größe iſt, daß $G = \frac{a}{A} g$ iſt. Da nun A und g ein für allemal bekannt ſind, ſo braucht man beim Wägen das Gewicht g nur ſo lange am längeren Arme zu verſchieben, bis Gleichgewicht ſtattfindet und dann a zu meſſen, ſo kann man nach der Formel das Gewicht G berechnen. Um Beobachtung und Rechnung zu erſparen, nehme man g ſei z. B. $= 1$ Pfund, und die Länge des veränderlichen Hebelarmes werde nach Zollen gemeſſen, während $A = 1$ Zoll iſt, ſo weiß man unmittelbar mit der Länge von a nach Zollen ausgedrückt, das Gewicht G nach Pfunden.

Bis jetzt iſt nur von dem Hauptheile der Wage geſprochen worden, nämlich dem Hebel, welcher der **Wagebalken** heißt. Dieſer hat ſeinen Ruhepunkt bei der gemeinen Wage in der Mitte und wird in der Regel ſo unterſtützt, daß vom Wagebalken ſelbſt zwei Zapfen ausgehen, welche in Lagern beweglich ſind. Oft ſind dieſe Lager nichts weiter als Löcher in einer **Scheere**, d. h. einer gabelförmigen Verbindung zweier Metallſtäbe, die oben, wo die Stäbe zuſammen gehen, an einem Ringe aufgehangen und gehalten wird, und unten die Löcher enthalten, in denen die Zapfen des Wagebalkens liegen. Auf der Mitte des Wagebalkens (ſenkrecht gegen dieſen und gegen die Zapfen, die Drehungsaxe) ſteht ein Stift von ziemlicher Länge, die **Zunge**. Wenn dieſe in verticaler Richtung ſteht, ſo liegt der Wagebalken in horizontaler und man hat den Beweis, daß die Wage im Gleichgewicht ſich befindet. Dieſe verticale Stellung erkennt man leicht aus der Richtung der Zunge gegen die Stangen der Scheere, denn dieſe hängt, vermöge der Schwere, ſtets ſenkrecht herab. Um den zu wiegenden Körper auf der einen Seite und die Gewichte auf der anderen Seite der Wage anbrigen zu können, hängen von den Enden der Arme des Wagebalkens **Schalen** herab. Es iſt ferner bei der Betrachtung des Geſetzes,

auf welchem der Hebel beruht, nur von dem mathematiſchen Hebel geſprochen worden, d. h. nicht darauf Rückſicht genommen worden, daß man bei Herſtellung eines Wagebalkens einen Körper anzuwenden hat, der ſelbſt Gewicht beſitzt, und der einen Schwerpunkt beſitzt, welcher nicht, wie dieſes beim mathematiſchen Hebel der Fall iſt, mit dem Unterſtützungspunkte des Hebels zuſammenfällt. Wenn der Wagebalken richtig ſein ſoll, ſo muß der Schwerpunkt deſſelben in eine Ebene fallen, welche ſenkrecht auf der Ebene des Wagebalkens ſteht und durch die Drehungsaxe deſſelben geht. Der Wagebalken ruht dann ſowohl wenn er unbelaſtet als wenn er auf beiden Seiten gleich belaſtet iſt in horizontaler Lage. Wird aber die Belaſtung auf der einen Seite verändert, ſo muß er ſich an der ſtärker belaſteten ſenken. Aus dieſer Senkung oder dem Winkel, um den die Zunge von der ſenkrechten Richtung abweicht, dem Ausſchlagswinkel, will man die Größe des Uebergewichtes auf der ſtärker belaſteten Seite erkennen. Dieſes geſchieht, wenn der Schwerpunkt des Balkens gegen ſeine Axe und die zwei Aufhängungspunkte der Schalen eine gewiſſe mit Hilfe mathematiſcher Betrachtung zu ermittelnde Lage hat.*) Aus dieſer Betrachtung ergibt ſich, daß der Ausſchlagswinkel (φ) bei einerlei Werth des Uebergewichtes (p) auf der einen Seite um ſo größer iſt, je kleiner die Belaſtung überhaupt, je geringer das Gewicht des Balkens iſt und je näher der Schwerpunkt des Balkens und ſeine Axe der geraden Linie liegen, welche die Aufhängepunkte der beiden Schalen mit einander verbindet. Geht die Axe durch jene Verbindungslinie der beiden Aufhängepunkte, ſo wird der Ausſchlagswinkel von der Belaſtung unabhängig.**) In dem Falle endlich, wo ſowohl die Axe als der Schwerpunkt in jene Linie fällt,***) ſchlägt bei dem geringſten Uebergewicht auf der einen Seite der Wagebalken ganz um und begibt ſich in verticale Stellung, wenn ihm nicht irgend ein Hinderniß in den Weg tritt.****)

---

*) A und B (Fig. 413.) ſind die Aufhängungspunkte der zwei Schalen, C die Achſe und D der Schwerpunkt des Wagebalkens, welcher an beiden Armen mit den gleichen Gewichten P belaſtet iſt und ſelbſt das Gewicht Q hat. Wird die Laſt in A um die Größe p vermehrt, ſo ändert ſich die Lage des Balkens, A kommt nach a, B nach b, D nach d. Es bezeichne $ACH = a$, $DCd = \varphi$, $AH = f$, $CH = g$, $CD = h$. Dann iſt $aF = aC. \sin (a - \varphi) = aC (\sin a \cos \varphi - \cos a \sin \varphi) = f \cos \varphi - g \sin \varphi$; $bG = bC. \sin (a + \varphi) = bC (\sin a \cos \varphi + \cos a \sin \varphi) = f \cos \varphi + g \sin \varphi$; $dk = h. \sin \varphi$. Nach den Geſetzen des Gleichgewichtes iſt aber $(P + p)\, aF = P.\, bG + Q\, dk$ oder $(P + p) (f \cos \varphi + g \sin \varphi) = P (f \cos \varphi + g \sin \varphi) + Q\, h \sin \varphi$ und hieraus $\tang \varphi = \frac{p f}{(2 P + p) g + Q h}$.

**) In dieſem Falle iſt nämlich $g = o$ und folglich $\tang \varphi = \frac{p f}{Q h}$, in welcher Formel die Belaſtung 2 P nicht mehr vorkommt.

***) Dann iſt $g = o$ und $h = o$ und folglich $\tang \varphi = \infty$.

****) In der angegebenen Rechnung über die Empfindlichkeit einer Wage iſt

Baumgartner gibt zu Einrichtung, Prüfung und Gebrauch einer Wage (wie ſie beſonders der Phyſiker braucht), folgende vortreffliche Anleitung. Der Wagebalken kann aus Eiſen, Stahl oder Meſſing verfertigt werden. Eiſen und Stahl haben den ſichern Vorzug der größern Feſtigkeit, Meſſing hingegen gewährt den Vortheil, daß es nicht magnetiſch wird. Man hat ihn häufig maſſiv und ſo, daß er höher als dick iſt und gegen beide Enden verjüngt zuläuft, um bei einem geringen Gewichte doch hinreichende Feſtigkeit zu haben. Manche Künſtler verfertigen Wagen mit hohlen Balken, die gleichſam zwei abgeſtumpfte, an ihrer Baſis zuſammengefügte Kegel vorſtellen; auch Balken aus ſtark gehämmerten, dicken durchbrochenen Meſſingbleche thun gute Dienſte. Es gibt vortreffliche Wagen, deren Balken aus einem dünnen Stahlſtücke, wie aus einer Uhrfeder beſtehen, das aber, um jeder Krümmung vorzubeugen, mit einer oben der ganzen Länge nach darauf geſchraubten oder gelötheten ſchmäleren Stahlplatte verſehen iſt, ſo daß ein ſolcher Balken im Querſchnitte wie **T** ausſieht. — Mit der Länge des Balkens wächſt bei übrigens gleichen Umſtänden die Empfindlichkeit der Wage, jedoch nur bis zu einer gewiſſen Grenze; denn mit der Länge des Balkens nimmt zwar das Moment des Uebergewichts, aber auch ſein Gewicht und die Reibung zu. — Am Wagebalken befindet ſich der Stift für die Drehungsaxe, der Aufhängepunkt der Schalen und die Zunge. Der Stift für die Drehungsaxe wird ſtets aus Stahl gemacht und ſehr gut gehärtet. Man läßt ihn nach unten in eine ſehr ſcharfe Schneide auslaufen, die genau auf der Ebene des Balkens ſenkrecht ſteht. Die Pfannen, in denen er ſich bewegt, macht man eben oder etwas hohl, aus hartem Stahl oder noch beſſer aus einem harten Stein, z. B. aus Achat. — Die Aufhängepunkte der Schalen ſind gewöhnlich mit eigenen, nach oben ſcharf zulaufenden Stiften bezeichnet, an welche die Schalen mittels krummer Haken gehängt werden, ſo daß ſie dem Zuge der Schwere folgen können. — Die Zunge ſoll auf dem Balken ſenkrecht ſtehen, und durch die Linie, welche den Schwerpunkt mit der Achſe verbindet, genau in zwei ſymmetriſche Hälften getheilt werden. Meiſtens iſt ſie nach aufwärts gerichtet, und dann ſpielt ſie zwiſchen einer Scheere, die ſtets von ſelbſt vertical hängt und oft eine kleine verticale Gegenzunge hat, deren Uebereinſtimmung mit der des Balkens auf die horizontale Lage des letztern ſchließen läßt. Iſt die Zunge abwärts gekehrt, ſo ſpielt ſie über

---

vorausgeſetzt, daß zwiſchen den Zapfen und der Pfanne keine Reibung ſtattfindet. Eine ſolche Reibung iſt aber unvermeidlich, und daher fällt der Ausſchlagwinkel ſtets kleiner aus. Iſt r der Abſtand der Schneide des Zapfens, die auf der Pfanne ruht, vom Dehnungsmittelpunkte, c der Reibungsexponent, p_1 das Gewicht, welches auf einer Wagſchale der Reibung das Gleichgewicht hält; ſo iſt $c\,(2\,P + Q + p_1)\,r = f p_1$, wo P, Q, f die vorhin angenommene Bedeutung haben; mithin $p_1 = (2\,P + Q)\,\frac{r\,c}{f - r\,c}$. c iſt in den meiſten Fällen $= 0{,}1$, oft auch geringer.

einem Bogen, der am Poſtamente der Wage angebracht iſt. Letzteres muß aber in dieſem Falle mit einer Libelle oder einem Senkblei in die gehörige Lage gebracht werden können. Es mag aber die Zunge abwärts oder aufwärts gekehrt ſein, ſo iſt an der ihr gegenüber ſtehenden Seite des Balkens ein Gegengewicht angebracht, um dem Schwerpunkt des Ganzen die gehörige Lage zu geben; oft iſt dieſes Gewicht zum Verſchrauben eingerichtet, und kann dem Balken genähert oder von ihm entfernt werden, damit man ſo die Empfindlichkeit der Wage nach Belieben reguliren kann. Es gibt auch Wagen, an denen ein Arm des Balkens die Stelle der Zunge vertritt und auch neben einem Kreisbogen ſpielt. Sehr genaue Wagen werden meiſtens mit mehren Schraubenvorrichtungen verſehen, durch welche man den Balken gleicharmig machen und den Schwerpunkt jedes Armes in gleiche Entfernung von der Achſe bringen kann. — Die Schalen müſſen ein gleiches Gewicht haben, und ganz frei am Balken hängen, ſich auch leicht wegnehmen und verwechſeln laſſen. Man hängt ſie mittels Schnüren, Ketten oder dicken Dräthen auf. Letztere verdienen vor allen den Vorzug, weil man ihnen leicht ein beſtimmtes Gewicht geben und ſie dabei erhalten kann. Ketten ſind zu mühſam zu verfertigen und zu ſchwer zu putzen, Schnüre nehmen gar zu leicht Staub auf, und können nur mit großer Mühe davon befreit werden; einige wirken auch hygroſkopiſch und ändern durch das aus der Luft aufgenommene Waſſer ihr Gewicht. Die Schalen macht man am beſten flach, mit aufgebogenem Rande; tiefe Schalen geſtatten manchem abzuwiegenden Körper keinen ſichern Stand, und werden deßhalb bei genauen Wagen ſelten gebraucht. — Eine empfindliche Wage ſoll ſtets ſo eingerichtet ſein, daß ſich der Balken ſammt den Pfannen, auf denen er ruht, heben und ſenken läßt, und in ſeinem tiefſten Stande auf eigenen Trägern ruht. Dieſen Stand ſoll er auch beibehalten, ſo lange er außer Dienſt iſt. Kein Inſtrument wird durch Staub, Rauch oder Dünſte ſo leicht unbrauchbar gemacht, als eine Wage, keines fordert daher eine ſo ſorgfältige Aufbewahrung. Stets ſoll ſie in einem Glaskaſten eingeſchloſſen ſein, der ſich nur an einer Seite öffnen läßt, dieſer ſchützt vor Staub u. ſ. w. und hält beim Gebrauche der Wage den Luftzug ab und erleichtert und verkürzt dadurch die Arbeit. — Die Gewichte, welche zur Wage gehören, werden in der Regel aus Metall gemacht, und zwar aus Meſſing, Silber oder Platin. Letzteres würde ſich wegen ſeiner Unveränderlichkeit in der Luft, im Waſſer und ſelbſt in den meiſten Säuren am meiſten empfehlen, wenn bei größeren Stücken nicht der hohe Preis, bei gar kleinen das große ſpecifiſche Gewicht dieſes Metalls die Wahl eines andern Stoffes räthlich machte. Indeß ſind doch Platingewichte von 1 Milligramme noch recht gut wahrzunehmen und ſogar noch leicht anzufaſſen, wenn ſie dünn genug ausgearbeitet ſind. — Die Geſtalt ſolcher Gewichte iſt verſchieden. Größere Stücke werden häufig in die Form hohler, abgeſtumpfter Kegel gebracht, deren einer in den andern paßt, kleinere macht man cylindriſch oder würfelförmig, und die kleinſten von 10 Gran oder 1 Gramme angefangen, bekommen meiſtens die Blechform. Sie ſollen ſich gut anfaſſen laſſen und keine Vertiefungen haben, die leicht

Unreinigkeit aufnehmen; darum ſollen auch die Zahlen, welche den Werth jedes Stückes bezeichnen, nicht zu tief eingeſchlagen ſein. Gewichte, welche hohle Kegel vorſtellen und in einanter paſſen, empfehlen ſich durch ihr geringes Volumen, doch hält es ſtets ſchwer, ſie rein zu erhalten. — Es iſt zwar wünſchenswerth, daß man einen hinlänglichen Vorrath genauer Gewichte habe, man kann aber auch mit wenigen Stücken weit reichen. Mit 4 Stücken vom Werth 1, 2, 3 und 4 reicht man bis 10; kommen dazu noch 8 Stücke von den Werthen 10, 20, 30, 40, 100, 200, 300 und 400, ſo kann man damit alle Gewichte von 1 — 1000 beſtimmen. Alle dieſe Gewichtsſtücke ſollen in Käſtchen eingeſchloſſen ſein; ſelbſt beim Gebrauche ſoll man ſie nicht unmittelbar mit der Hand, ſondern mit einem Zängelchen anfaſſen. *) Bevor eine Wage zu einer genauen Unterſuchung gebraucht wird, muß man von ihrer Richtigkeit und Empfindlichkeit überzeugt ſein. Zu dieſer Ueberzeugung gelangt man durch eine vorläufige Prüfung derſelben. — Das erſte, welches bei einer Wage unterſucht werden muß, iſt die Beweglichkeit des Wagebalkens. Dieſe lernt man kennen, wenn man den Stand des Balkens, während er ſich im Gleichgewichte befindet, genau betrachtet, hierauf ihn mit der Hand etwas neigt und wieder frei läßt. Hat er die gehörige Beweglichkeit, ſo wird er eine Reihe Schwingungen von immer kleiner werdenden Schwingungsbögen machen und endlich in derſelben Lage, von welcher er ausging, wieder in Ruhe kommen. Bleibt er in einer andern Lage ſtehen, ſo kann er nicht als brauchbar angeſehen werden, weil es ihm an der freien Beweglichkeit fehlt. Man erkennt auch die Beweglichkeit eines Wagebalkens ſchon aus der Gleichheit der Ausſchlagwinkel, die er zu beiden Seiten der Lage, in welcher er ruhte, beim Oſcilliren macht. — Hat man den Balken von dieſer Seite brauchbar gefunden, ſo ſchreitet man zur weitern Prüfung ſeines Baues. Man nimmt die Wagſchalen hinweg, und ſieht, ob er oder vielmehr die gerade Linie zwiſchen den Aufhängungspunkten der Schalen in horizontaler Lage im Gleichgewichte ſteht. Dieſe Lage erkennt man aus dem Uebereinſtimmen der richtig geſtellten Zunge mit der an der Scheere angebrachten Gegenzunge, oder falls der Balken keine Zunge hat, aus der Coincidenz (Zuſammenfallen) der Punkte, welche die beiden Zungen vertreten. Bleibt der Balken in horizontaler Lage ſtehen, ſo kann man gewiß ſein, daß die Momente ſeiner unbelaſteten Arme in Beziehung auf die Axe einander gleich ſeien, wie es die Theorie für eine gute Wage fordert; kommt er aber außerhalb dieſer Lage ins Gleichgewicht, ſo ſind dieſe Momente ungleich oder es liegt der Schwerpunkt des Balkens ſo nahe an der Axe, daß das Moment des Gewichtes des ganzen Balkens in Beziehung auf die Axe bei einer kleinen Abweichung von der horizontalen Lage zu klein iſt, als daß es die Reibung zu überwältigen vermöchte. Iſt der Schwerpunkt des Balkens veränderlich, ſo kann man durch geringes Verrücken deſſel-

*) Die in den verſchiedenen Ländern gebräuchlichen Gewichte ſind im Art. Gewicht zuſammengeſtellt.

den leicht erfahren, ob letzterer oder erſterer Urſache die Abweichung von der horizontalen Lage zugeſchrieben werden muß. Zur weitern Unterſuchung bedarf man der Gewißheit, daß die Schalen ein vollkommen gleiches Gewicht haben. Um dieſes zu erlangen, hängt man ſie ein und beobachtet den Stand des Balkens, wenn er in Ruhe gekommen iſt. Man darf ſich dadurch nicht beirren laſſen, daß der Balken vielleicht nicht mehr in horizontaler Lage ruht, wiewohl er im unbelaſteten Zuſtande in dieſer Lage im Gleichgewicht ſtand. Hierauf verwechſelt man die Schalen und beobachtet die Lage des ruhenden Balkens abermals. Stimmt dieſe mit der vorhergehenden genau überein, ſo haben beide Schalen genau daſſelbe Gewicht; iſt dieſes nicht der Fall, ſo muß man das Gewicht der ſchwereren vermindern, bis die Gleichheit hergeſtellt iſt. — Haben die Schalen ein gleiches Gewicht, ſo kann man den Balken weiter unterſuchen und finden, ob auch beide Arme, von der Schneide der Axe bis zum Aufhängepunkt der Schalen gerechnet, genau gleich lang ſind. In manchem Falle kann man dieſe Länge unmittelbar mit einem Maßſtab meſſen, manchmal geht aber dieſes nicht an, und man muß zu folgendem Verfahren die Zuflucht nehmen, das aber ſelbſt dann als Controle dienen kann, wenn man auch dieſe Größen unmittelbar gemeſſen und gleich befunden hat. Man verſichert ſich zuerſt noch einmal davon, daß der ganz entlaſtete Balken in horizontaler Lage zur Ruhe kommt, hängt dann die Schalen ein und beobachtet ſeinen Stand neuerdings, wenn er zur Ruhe gekommen iſt. Dieſer wird wieder der horizontale ſein, wenn nicht die Arme ungleich lang ſind. Zur noch beſſern Ueberzeugung legt man hierauf auf beide Schalen gleiche Gewichte und ſieht abermals auf den Stand des Balkens. Iſt er auch bei dieſer Probe horizontal geblieben, ſo iſt an der gleichen Länge der Balkenarme nicht zu zweifeln. Indeß thut man doch gut, die Gewichte zu verwechſeln und zu ſehen, ob auch dann noch der Balken in horizontaler Lage in Ruhe bleibt. Findet man bei dieſer Prüfung, daß die Arme des Wagebalkens nicht gleich lang ſind, ſo muß man denjenigen, deſſen Länge ſich ändern läßt, ſo lange verlängern oder verkürzen, bis er in der abermals vorgenommenen Probe Stich hält. — Eine Wage, die ſich bei allen dieſen Verſuchen bewährt hat, iſt richtig gebaut und man braucht nur noch den Grad ihrer Empfindlichkeit zu unterſuchen, um ſie in jeder Hinſicht zu kennen. Zu dieſem Ende werden beide Arme gleich und ſo ſtark belaſtet, als es die Stärke des Balkens ohne Biegung deſſelben erlaubt und hierauf das kleinſte aller Gewichte ausgemittelt, durch deſſen Zugabe noch ein bemerkbarer Ausſchlag hervorgebracht wird. Der Quotient aus dieſem Gewichte und der ganzen Belaſtung des Balkens gibt die Zahl, welche als Maß der Empfindlichkeit der Wage angeſehen werden kann.*) — Die Gewichte prüft man, indem man ſie mit anerkannt richtigen vergleicht oder zwei gleichgewichtige

*) Eine gute Wage muß wenigſtens $\frac{1}{20000}$ ihrer ſtärkſten Belaſtung angeben. Die ausgezeichnete Wage von Ramsden gab bei einer Belaſtung von 10 Pfund noch 0,006 Gr. alſo den 12 millionſten Theil der Belaſtung an. Fortins Wagen zeigen bei 4 Pfund Belaſtung noch $\frac{1}{80}$ Gran, d. h.

Partien derſelben, die aus einer verſchiedenen Anzahl einzelner Stücke beſtehen, gegen einander hält. Dieſe Unterſuchung ſoll man auch mit ſchon gebrauchten, für als richtig anerkannten vornehmen, ſobald ſie in Verhältniſſe gekommen ſind, wo ihre Richtigkeit gelitten haben kann. — Selbſt der beſten Wage darf man kein unbeſchränktes Zutrauen ſchenken, und muß in Fällen, wo es ſich um ſehr genaue Reſultate handelt, beim Abwägen ein Verfahren beobachten, bei welchem man die etwaigen Fehler im Bau des Wagebalkens und die Reibung unſchädlich macht. Nach Borda legt man den abzuwägenden Körper A in eine Schale und ſo viel Tara (Gewichte) in die andere, bis das Gleichgewicht hergeſtellt iſt. Dann erſetzt man A durch Gewichte P, und es wäre $P = A$, wenn keine Reibung ſtattfände. Man erhält dieſen Einfluß aber bei beiden Abwägungen gleich, wenn man, ſobald A mit der Tara im Gleichgewicht, den Balken unterſtützt, A wegnimmt und mit nahe gleichem Gewicht erſetzt, und nun erſt den Balken frei läßt. — Man kann aber auch auf folgende Weiſe verfahren. Man lege A in eine Wagſchale und ſo viel Gewichte in die andere, als nöthig iſt, um den Balken in horizontaler Lage ins Gleichgewicht zu bringen. Es ſei P dieſes Gewicht und x das des abzuwägenden Körpers, und man wird haben $P : x = a : b$, wo a und b zwei vom Bau des Balkens abhängige Größen ſind. Hierauf unterſtütze man den Balken, verwechsle Laſt und Kraft, laſſe ihn dann wieder frei, und ändere, wenn es Noth thut, P ſo lange, bis auch unter dieſen Umſtänden der Balken in horizontaler Lage in Ruhe kommt. Iſt nun P in Q übergegangen, ſo hat man wieder $Q : x = b : a$ und daher aus beiden Proportionen $PQ = x^2$ und $x = \sqrt{PQ}$. — Feſte Körper werden meiſtens unmittelbar in die Wagſchale gelegt, wenn ſie ſich nicht an dieſelbe anhängen; thun ſie dieſes, ſo legt man ſie zuerſt auf eine Unterlage, der ſie nicht adhäriren und wiegt ſie mit dieſer ab, zieht aber nachher das Gewicht dieſer Unterlage vom Geſammtgewichte ab. Gepulverte Körper ſollen nie die Wagſchale berühren, weil es immer ſchwer hält, dieſelbe nach dem Abwägen ganz davon zu befreien, woraus für die Wage ein Nachtheil hervorgeht und auch die Frucht des Abwägens verloren geht, indem man ſtets einen Theil des Pulvers verliert. Darum wiegt man ſolche Körper in Uhrgläſern oder auf Glanzpapier ab. — Daß tropfbare Körper in eigenen Gefäßen abgewogen werden müſſen, verſteht ſich von ſelbſt. Um kleine Portionen derſelben zu geben oder wegnehmen zu können, wendet man Glasſtäbe an, falls ihnen die Flüſſigkeit adhärirt, die man mit einem Ende in die flüſſige Maſſe eintaucht und den daran hängenden Tropfen zugibt oder wegnimmt, je nachdem es der Zweck fordert. Für ſolche Flüſſigkeiten, die ſich nicht an das Glas anhängen, wie Queckſilber, bedient man ſich eines gläſernen Haarröhrchens, das eine kleine flüſſige Säule aufnimmt und das Uebertragen derſelben geſtattet, beſonders wenn man es am andern Ende mit einem

---

$\frac{1}{1536000}$ der Laſt. Die Wagen von Florenz in Wien geben bei einer Belaſtung von $4\frac{1}{2}$ Pf. noch mit $\frac{1}{8}$ Richtpfennig alſo mit $\frac{1}{4718592}$ einen ſehr deutlichen Ausſchlag.

Finger ſchließt. — Man muß bei jedem abzuwägenden Körper wohl bedenken, ob ſich während des Abwägens ſein Gewicht nicht ändert, und wenn dieſes der Fall iſt, dieſer Aenderung vorbeugen. Flüchtige Körper, wie z. B. Aether, werden in wohlverſchloſſenen Gefäßen abgewogen, ſolche, die leicht Waſſer aus der Luft anziehen und die man nach dem Abwägen nicht mehr braucht, gibt man in eine abgewogene Portion Waſſer, und wiegt ſie mit dieſer. — Am ſchwerſten iſt es, das Gewicht eines heißen Körpers genau zu beſtimmen, weil dieſer auf den Wagebalken erwärmend wirkt und ſo der Richtigkeit der Wage Abbruch thut. Darum darf man ſich auf Reſultate, die aus ſolchen Abwägungen geſchöpft ſind, nicht verlaſſen.

Es kommen Fälle vor, wo man die ſuceſſiven Aenderungen im Gewichte eines Körpers erfahren will, der ſich in einem geſchloſſenen Raume befindet, und nicht wohl vor Beendigung des Verſuches herausgenommen werden kann; wie z. B. wenn es ſich um das Fortſchreiten der Verdunſtung einer Flüſſigkeit im geſchloſſenen Raume handelt. Da kann man mit einer gewöhnlichen Wage nicht zum erwünſchten Ziele gelangen, weil bei dieſer die Größe einer Gewichtsänderung am Körper, der ſich an ihr im Gleichgewichte befindet, nur durch wirkliches Hinzugeben oder Wegnehmen der Gewichte beſtimmen läßt. Man bedient ſich deßhalb in einem ſolchen Falle einer Zeigerwage. Bei dieſer gibt der Balken, wovon ein Arm über einem Gradbogen ſpielt, durch den Winkel, den er mit der fixen Linie macht, das Gewicht eines Körpers an. Zur nähern Kenntniß ſolcher Wagen führt folgende Betrachtung: Es ſei ACB (Fig. 414) ein Winkelhebel, deſſen Schwerpunkt nach G fällt, der ſich um eine horizontale, durch C gehende Axe dreht und deſſen Arm AC über einem aus C beſchriebenen Kreisbogen DE ſpielt. In B iſt eine Wagſchale angehängt, auf welche der abzuwägende Körper zu liegen kommt. So lange der Balken nicht belaſtet iſt, liegt AC in der Vertikalen CE, ſo wie aber auf die Wagſchale eine Laſt wirkt, kommt dieſer Arm dahin, daß er mit der Vertikalen den Winkel ACE macht, der ſich an der Gradtheilung des Bogens DE ableſen läßt. *) Fig. 415. ſtellt eine Zeigerwage vor, wie ſie im unbelaſteten Stande ſich zeigt. Sie iſt mit einem verſchiebbaren Gewichte

---

*) Es ſei ABC $= a$, ACE $= \varphi$, BCE $= \varphi$, mithin $a = \varphi + \varphi_{,}$. — Man ziehe die Horizontalen BE und GH, nenne CG $=$ A, CB $=$ B, die Laſt P und das Gewicht des ganzen Balkens Q, und man hat für den Fall des Gleichgewichtes $Q.GH = P.BF$ oder $= QB \sin \varphi = PA \sin \varphi_{,}$, das iſt $QB \sin \varphi = PA (\sin a \cos \varphi - \sin \varphi \cos a)$ und $\tan \varphi = \frac{PA \sin a}{QB + PA \cos a}$. Man kann die Theilung am Bogen DE gleich nach dieſer Formel einrichten, damit der Hebelarm AC das aufgelegte Gewicht unmittelbar angebe. Auch iſt es klar, daß man für denſelben Bogen Hebel von verſchiedenem Gewicht anbringen, und daher größere und kleinere Laſten abwägen kann. —

am Zeigerarme verſehen, ſo daß man ſie für leichtere und ſchwerere Laſten brauchen kann, in derſelben Art, in der man bei Schnellwagen die Geltung des Gewichtes durch Veränderung des Abſtandes vermehrt. Der Kreisbogen hat 12 Zoll im Halbmeſſer, und der Zeiger gibt das Gewicht der auf die Wagſchale gelegten Körper von 22 Gr. bis 1 Milligramm an. *)

---

*) Wenn man ſich beim Abwägen eines Körpers auch der genaueſten Wage bedient, die beſte Abwägungsmethode anwendet und in der Manipulation durchaus richtig verfährt, ſo erhält man doch das abſolute Gewicht des abzuwägenden Körpers nicht genau; denn dazu wäre erforderlich, daß die Abwägung im leeren Raume vor ſich ginge. Um nun das in der Luft erhaltene Reſultat auf den leeren Raum zu reduciren, ſei P das geſuchte abſolute Gewicht des Körpers, und S ſein ſpecifiſches Gewicht bei der Temperatur von 0° C. Sein Volumen wird demnach $\frac{P}{S}$ ſein. Dehnt ſich der Körper von 0° C bis zur herrſchenden Temperatur t linear in dem Verhältniſſe 1 : c aus; ſo iſt ſein Volumen bei t° C gleich $\frac{P\,c^3}{S}$ und er verdrängt unter dieſen Umſtänden die Luftmaſſe $\frac{P\,c^3\,s}{S}$, wenn s das ſpecifiſche Gewicht der Luft bezeichnet. Demnach zieht er am Wagebalken mit der Kraft $P\left(1-\frac{c^3\,s}{S}\right)$ herab. Bezeichnen nun die Buchſtaben $P_1\,c_1\,S_1$ daſſelbe für die Gewichte, was P c S für den abzuwägenden Körper bezeichnet haben; ſo zieht das Gewicht am andern Arme des Wagebalkens mit der Kraft $P_1\left(1-\frac{c_1{}^3 s}{S_1}\right)$ und wenn der Körper mit dem Gewichte im Gleichgewichte ſteht, hat man $P\left(1-\frac{c^3 s}{S}\right)=P_1\left(1-\frac{c_1{}^3 s}{S_1}\right)$ und hieraus

$$P=\frac{P_1\left(1-\frac{c_1{}^3 s}{S_1}\right)}{1-\frac{c^3 s}{S}}.$$ — Die Größe s iſt gegeben durch die Gleichung

$$s=\frac{s_0\,b}{0{,}76\,(1+0{,}00375\,t)}=\frac{b}{259581\,(1+0{,}00375\,t)}$$ wo b den Barometerſtand, s_0 das ſpecifiſche Gewicht der Luft bei 0° bezeichnet, oder wenn man

$\frac{1}{259581\,(1+0{,}00375\,t)}=\alpha$ ſetzt, $s_0=\alpha\,b$.

Zur leichtern Berechnung von s dient die nachſtehende Tafel, welche für die verſchiedenen Werthe von t den Logarithmus α angibt. Es läßt ſich auch zur Erleichterung der Berechnung von $\frac{c^3\,s}{S_1}$ etwas thun. Da man ſich nämlich meiſtens meſſingener Gewichte bedient, deren ſpecifiſches Gewicht = 8,4 und deren Längenausdehnung für 1° C = 0,000018785 iſt, ſo hat man $\frac{c^3\,s}{S_1}=\frac{(1+0{,}000018785)^3\,\alpha\,b}{8{,}4}=\beta\,b$. Zur Berechnung von β dient ebenfalls die nachſtehende Tafel, indem ſie für mehre Werthe von t den log. β enthält.

Finger ſchließt. — Man muß bei jedem abzuwägenden Körper wohl bedenken, ob ſich während des Abwägens ſein Gewicht nicht ändert, und wenn dieſes der Fall iſt, dieſer Aenderung vorbeugen. Flüchtige Körper, wie z. B. Aether, werden in wohlverſchloſſenen Gefäßen abgewogen, ſolche, die leicht Waſſer aus der Luft anziehen und die man nach dem Abwägen nicht mehr braucht, gibt man in eine abgewogene Portion Waſſer, und wiegt ſie mit dieſer. — Am ſchwerſten iſt es, das Gewicht eines heißen Körpers genau zu beſtimmen, weil dieſer auf den Wagebalken erwärmend wirkt und ſo der Richtigkeit der Wage Abbruch thut. Darum darf man ſich auf Reſultate, die aus ſolchen Abwägungen geſchöpft ſind, nicht verlaſſen.

Es kommen Fälle vor, wo man die ſuceſſiven Aenderungen im Gewichte eines Körpers erfahren will, der ſich in einem geſchloſſenen Raume befindet, und nicht wohl vor Beendigung des Verſuches herausgenommen werden kann; wie z. B. wenn es ſich um das Fortſchreiten der Verdunſtung einer Flüſſigkeit im geſchloſſenen Raume handelt. Da kann man mit einer gewöhnlichen Wage nicht zum erwünſchten Ziele gelangen, weil bei dieſer die Größe einer Gewichtsänderung am Körper, der ſich an ihr im Gleichgewichte befindet, nur durch wirkliches Hinzugeben oder Wegnehmen der Gewichte beſtimmen läßt. Man bedient ſich deßhalb in einem ſolchen Falle einer Zeigerwage. Bei dieſer gibt der Balken, wovon ein Arm über einem Gradbogen ſpielt, durch den Winkel, den er mit der fixen Linie macht, das Gewicht eines Körpers an. Zur nähern Kenntniß ſolcher Wagen führt folgende Betrachtung: Es ſei ACB (Fig. 414) ein Winkelhebel, deſſen Schwerpunkt nach G fällt, der ſich um eine horizontale, durch C gehende Axe dreht und deſſen Arm AC über einem aus C beſchriebenen Kreisbogen DE ſpielt. In B iſt eine Wagſchale angehängt, auf welche der abzuwägende Körper zu liegen kommt. So lange der Balken nicht belaſtet iſt, liegt AC in der Vertikalen CE, ſo wie aber auf die Wagſchale eine Laſt wirkt, kommt dieſer Arm dahin, daß er mit der Vertikalen den Winkel ACE macht, der ſich an der Gradtheilung des Bogens DE ableſen läßt. *) Fig. 415. ſtellt eine Zeigerwage vor, wie ſie im unbelaſteten Stande ſich zeigt. Sie iſt mit einem verſchiebbaren Gewichte

---

*) Es ſei $ABC = a$, $ACE = \varphi$, $BCE = \varphi$, mithin $a = \varphi + \varphi'$. — Man ziehe die Horizontalen BE und GH, nenne $CG = A$, $CB = B$, die Laſt P und das Gewicht des ganzen Balkens Q, und man hat für den Fall des Gleichgewichtes $Q.GH = P.BF$ oder $= QB \sin \varphi = PA \sin \varphi$, das iſt $QB \sin \varphi = PA (\sin a \cos \varphi - \sin \varphi \cos a)$ und $\tang \varphi = \frac{PA \sin a}{QB + PA \cos a}$. Man kann die Theilung am Bogen DE gleich nach dieſer Formel einrichten, damit der Hebelarm AC das aufgelegte Gewicht unmittelbar angebe. Auch iſt es klar, daß man für denſelben Bogen Hebel von verſchiedenem Gewicht anbringen, und daher größere und kleinere Laſten abwägen kann. —

am Zeigerarme verſehen, ſo daß man ſie für leichtere und ſchwerere Laſten brauchen kann, in derſelben Art, in der man bei Schnellwagen die Geltung des Gewichtes durch Veränderung des Abſtandes vermehrt. Der Kreisbogen hat 12 Zoll im Halbmeſſer, und der Zeiger gibt das Gewicht der auf die Wagſchale gelegten Körper von 22 Gr. bis 1 Milligramm an. *)

---

*) Wenn man ſich beim Abwägen eines Körpers auch der genaueſten Wage bedient, die beſte Abwägungsmethode anwendet und in der Manipulation durchaus richtig verfährt, ſo erhält man doch das abſolute Gewicht des abzuwägenden Körpers nicht genau; denn dazu wäre erforderlich, daß die Abwägung im leeren Raume vor ſich ginge. Um nun das in der Luft erhaltene Reſultat auf den leeren Raum zu reduciren, ſei P das geſuchte abſolute Gewicht des Körpers, und S ſein ſpecifiſches Gewicht bei der Temperatur von 0° C. Sein Volumen wird demnach $\frac{P}{S}$ ſein. Dehnt ſich der Körper von 0° C bis zur herrſchenden Temperatur t linear in dem Verhältniſſe 1 : c aus; ſo iſt ſein Volumen bei t° C gleich $\frac{P c^3}{S}$ und er verdrängt unter dieſen Umſtänden die Luftmaſſe $\frac{P c^3 s}{S}$, wenn s das ſpecifiſche Gewicht der Luft bezeichnet. Demnach zieht er am Wagebalken mit der Kraft $P\left(1-\frac{c^3 s}{S}\right)$ herab. Bezeichnen nun die Buchſtaben $P_1\, c_1\, S_1$ daſſelbe für die Gewichte, was P c S für den abzuwägenden Körper bezeichnet haben; ſo zieht das Gewicht am andern Arme des Wagebalkens mit der Kraft $P_1\left(1-\frac{c_1{}^3 s}{S_1}\right)$ und wenn der Körper mit dem Gewichte im Gleichgewichte ſteht, hat man $P\left(1-\frac{c^3 s}{S}\right)=P_1\left(1-\frac{c_1{}^3 s}{S_1}\right)$ und hieraus

$$P=\frac{P_1\left(1-\frac{c_1{}^3 s}{S_1}\right)}{1-\frac{c^3 s}{S}}.$$ — Die Größe s iſt gegeben durch die Gleichung

$$s=\frac{s_0\, b}{0{,}76\,(1+0{,}00375\, t)}=\frac{b}{259581\,(1+0{,}00375\, t)}$$ wo b den Barometerſtand, s_0 das ſpecifiſche Gewicht der Luft bei 0° bezeichnet, oder wenn man $\frac{1}{259581\,(1+0{,}00375\, t)}=\alpha$ ſetzt, $s_0=\alpha b$.

Zur leichtern Berechnung von s dient die nachſtehende Tafel, welche für die verſchiedenen Werthe von t den Logarithmus α angibt. Es läßt ſich auch zur Erleichterung der Berechnung von $\frac{c^3 s.}{S_1}$ etwas thun. Da man ſich nämlich meiſtens meſſingener Gewichte bedient, deren ſpecifiſches Gewicht = 8,4 und deren Längenausdehnung für 1° C = 0,000018785 iſt, ſo hat man $\frac{c^3 s}{S_1}=\frac{(1+0{,}000018785)^3 \alpha\, b}{8{,}4}=\beta\, b$. Zur Berechnung von β dient ebenfalls die nachſtehende Tafel, indem ſie für mehre Werthe von t den log. β enthält.

Baumgartner beſchreibt folgende zwei ausgezeichnete Wagen. Der Wagebalken der einen beſteht aus zwei hohlen, meſſingenen, abgeſtumpften, an ihren Baſen mit einander verbundenen Kegeln (Fig. 416.), iſt 26 Zoll lang, hat in der Mitte 25 L., an jedem Ende $5\frac{1}{4}$ L. im Durchmeſſer und wiegt 22 Loth. Die Axe, um die er ſich dreht, ſowohl als die zwei Zapfen, welche zur Aufhängung der Schalen beſtimmt ſind, beſtehen aus glashartem Stahl und laufen in ungemein ſcharfe Schneiden aus. Die Stelle der Zunge vertritt ein Arm des Balkens. Dieſer iſt deshalb am äußerſten Ende mit einem feinen koniſchen Stift verſehen und ſpielt neben einem Gradbogen, den ein horizontaler Arm des Poſtamentes trägt. Um den Schwerpunkt des Balkens ohne ſonſtige Verrückung heben und ſenken zu können, iſt unterhalb ſeiner Axe ein Gewicht angebracht, das an einer vollkommen geraden Schraube ſteckt und ſich an derſelben heben und ſenken läßt. Die Zapfen zur Aufnahme der Schalen ſind an den Balken mittels Schraubenvorrichtungen befeſtigt und laſſen ſich mittels dieſer Schrauben in die nöthige Lage bringen. An der Seite, wo ſich der Gradbogen befindet, iſt der Stift nur zum Heben und Senken eingerichtet, kann aber der Drehungsaxe weder genähert noch von ihr entfernt werden. Durch dieſe Einrichtung kann man es dahin bringen, daß die gerade Linie, welche die Aufhängepunkte der Schalen verbindet, genau auf jener ſenkrecht ſteht, welche durch die Drehungsaxe und den Schwerpunkt des Balkens geht. Am entgegengeſetzten Ende des Balkens iſt der Stift für die Schale ſo eingerichtet, daß er der Drehungsaxe genähert und von ihr entfernt werden kann, ohne ſich zu heben oder zu ſenken. Dieſes iſt dadurch bewerkſtelligt, daß die mittlere der drei Schrauben, durch welche eine mit dem Tragſtift verbundene Platte an den Hebelarm befeſtigt iſt, am untern Ende ein excentriſches Zäpfchen hat. Wird dieſe Schraube gedreht, ſo beſchreibt dieſes Zäpfchen einen kleinen Kreis um die Axe der Schraube und ſchiebt dadurch die mit dem Stift verbundene Platte und hiermit den Stift ſelbſt auswärts oder einwärts. Mittels dieſer Vorrichtung läßt ſich den beiden Armen des Balkens eine

Temperatur	Logarithm. α	Logarithm. β	Temperatur	Logarithm. α	Logarithm. β
0	4,58573	3,66145	14	4,56351	3,63957
1	4,58411	3,65985	15	4,56196	3,63804
2	4,58248	3,65825	16	4 56042	3,63653
3	4,58087	3,65666	17	4,55889	3,63503
4	4,57926	3,65508	18	4,55736	3,63352
5	4,57766	3,65350	19	4,55584	3,63202
6	4,57607	3,65193	20	4,55432	3,63053
7	4,57448	3,65037	21	4,55281	3,62904
8	4,57289	3,64881	22	4,55130	3,62756
9	4,57131	3,64725	23	4,54980	3,62608
10	4,57100	3,64700	24	4,54830	3,62461
11	4,56974	3,64571	25	4,54681	3,62314
12	4,56818	3,64416			
13	4,56661	3,64263			

vollkommen gleiche Länge ertheilen. Um nun auch die Momente der beiden belaſteten Arme von gleicher Größe zu erhalten, ohne die eigentliche Länge derſelben zu ändern, hat der Balken an dem Ende, wo die zuletzt beſprochene Vorrichtung angebracht iſt, eine cylindriſche Verlängerung, in welche eine Schraube eingeſchnitten iſt, an der ein kleines Gewichtchen ſteckt, das ſich ebenfalls von der Axe entfernen und ihr nähern läßt. Die Schalen werden nicht unmittelbar an die koniſchen Stifte gehängt, ſondern zuerſt in Stahlringe, die mit eigenen ſtählernen Haken an den Balken angehängt werden. Der ganze Wagebalken ruht auf einem feſten Poſtamente, welches man mittels zweier Waſſerwagen, die am Fußgeſtell angebracht ſind, in einen verticalen Stand bringt. Mittels einer eigenen Vorrichtung läßt ſich eine im Poſtamente enthaltene gezähnte Stange, die oben in zwei Tragarme ausgeht, heben und ſenken; beim Heben faſſen die Arme den Balken zu beiden Seiten der Axe und unterſtützen ihn, beim Senken laſſen ſie ihn wieder frei. — Dieſe Wage trägt ohne Schaden für den Balken auf jeder Schale 3 Pfund, und iſt für $\frac{1}{1200000}$ dieſer ganzen Belaſtung (Laſt und Gewicht) empfindlich. — Fig. 417. ſtellt die andere Wage vollſtändig mit ihrem Zubehör vor. Ihre Einrichtung iſt im Ganzen mit der vorhergehenden übereinſtimmend, doch iſt der Balken aus Meſſingblech und durchbrochen. Sie trägt nur auf jeder Schale 1 Pfund und iſt für $\frac{1}{800000}$ empfindlich.

Für den Phyſiker von Intereſſe iſt die Leupoldſche Univerſalwage. Dieſelbe beſteht aus einem parallelipipediſchen Stabe von Holz, Eiſen oder Meſſing, der von ſeinem Mittelpunkte aus in gleiche Theile getheilt iſt. Ein Stativ trägt die Pfannen, auf welchen die Zapfen ruhen. Scheere und Zunge fehlen ganz, weil das Inſtrument zu feinen Wägungen nicht beſtimmt iſt und man die Horizontalität des Balkens ſchon wegen ſeiner Länge wohl erkennen kann. Die Zapfen, welche zur Aufhängung des Wagebalkens dienen, ſo wie die, an welche die Wagſchalen gehängt werden, ſind an Kapſeln angebracht, welche über den Wagebalken geſchoben und an welchem Punkte man will mit Schrauben angedrückt werden. Daher kann man alle drei Punkte: den Umdrehungspunkt und die beiden Angriffspunkte des Hebels bequem verlegen. Man bedient ſich dieſes Inſtruments um alle Geſetze des Hebels und der Wage mit Hilfe deſſelben zu erläutern.

Ueber die hydroſtatiſche Wage, deren man ſich vorzüglich bei Beſtimmung des ſpecifiſchen Gewichtes bedient, und den dazu gehörigen Apparaten ſ. d. Art. Schwimmen S. 444. und Specifiſches Gewicht.

Im 17. Jahrhundert legte Roberval ein nach ihm die Robervalſche Wage benanntes Inſtrument als ein mechaniſches Paradoxon vor. Es beſteht daſſelbe in einem zuſammengeſetzten Hebel, an dem Kräfte, welche einmal im Gleichgewicht ſind, beſtändig in demſelben verharren, in welche Entfernung vom Ruhepunkte man ſie auch bringen mag, ſelbſt dann ſogar, wenn ſie ſich auf derſelben Seite vom Ruhepunkte befinden. Die vier Lineale (Fig. 418.) ab, bc, cd, da bilden zuſammen ein Parallelogramm, und ſind durch vier Nägel a, b, c, d dergeſtalt mit einander verbunden, daß ſie ſich um ſelbige frei drehen

können. Die beiden Lineale ab und dc ſind in der Mitte mit den beiden Stiften e und f, an das Fußgeſtelle gh ſo befeſtigt, daß ſie ſich ebenfalls um ſelbige drehen laſſen. Auf ſolche Art kann das ganze Parallelogramm die punktirte Lage annehmen, jedoch ſo, daß die beiden gegenüberſtehenden Seiten beſtändig gleich und parallel, und ad und bc immer vertical bleiben. Bringt man nun an dieſe Lineale ad und bc die Arme mi und no ſenkrecht an, und befeſtigt dieſelben bei p und q ſo, daß ſie ſich nicht drehen können, ſo werden die gleichen Gewichte k und l im Gleichgewichte ſein, an was für Punkten der Arme mi und no ſie auch hängen mögen. Man hänge z. B. k an m und l an o, wie es die Figur vorſtellt, ſo wird Alles im Gleichgewichte ſein, obgleich k dem Ruhepunkte oder der ſtehenden Säule gh näher, als l ſcheint. — Weil das Lineal im bei p ganz feſt iſt, ſo kann das in m aufgehangene Gewicht k nicht anders wirken, als wenn es in p angebracht nach der verticalen Richtung ad wirkt. Wenn ſich hingegen das Gewicht um p drehen könnte, ſo würde alsdann das Moment k. mp in Betrachtung gezogen werden müſſen; weil aber dieſe Umdrehung wegen der Befeſtigung in p nicht Statt finden kann, ohne zugleich das Lineal ad aus der verticalen Lage zu bringen, ſo wird durch dieſes ſtatiſche Moment blos eine Stemmung der beiden Lineale ab und cd gegen die Nägel e und f zu Wege gebracht, und die ziehende Kraft nach der verticalen Richtung an dieſem Lineale im iſt weder ſtärker noch geringer, als wenn k an p ſelbſt angebracht wäre, indem dieſer Ruhepunkt des Hebels ipm das Gewicht p mit zu tragen bekommt. Die nämliche Beſchaffenheit hat es mit dem Gewichte l. Mithin bleibt Alles im Gleichgewichte, wenn nur p und q gleich weit von ef entfernt ſind, und auf beiden Seiten Alles gleich ſchwer iſt. — Der nämliche Erfolg wird Statt haben, wenn der feſte Arm im bis r verlängert würde, und k in r hinge, in welchem Falle k und l auf einerlei Seite des Ruhepunkts zu hängen ſcheinen. Hierbei würde aber natürlich vorausgeſetzt werden müſſen, daß das Gewicht des Arms ir eben ſo ſchwer als der kürzere no ſein müßte, wenn die Wage im Gleichgewichte ſein ſollte.

Die oben S. 861. ſchon im Allgemeinen beſchriebene **Schnellwage**, wird die **Römiſche Wage** genannt. AB (Fig. 419.) ſtellt eine ſolche vor; a iſt die Scheere mit dem Ringe k, an welchem die Wage aufgehängt wird und innerhalb welcher die Zunge ſpielt. An den Haken f wird dann der zu wägende Körper gehangen, und i iſt das auf den längeren Hebelarm verſchiebbare Gewicht. Der Umdrehungspunkt der Wage liegt bei dieſer Aufhängung in C. Damit jedoch die Wage auch noch für gewichtigere Körper brauchbar ſei, iſt noch eine zweite Scheere d mit dem Ringe b angebracht. Hängt man die Wage an dieſem auf, und wendet den Haken (der mit ſeiner Gabel über A weggeht) um, ſo findet offenbar zwiſchen bei beiden Armen des Hebels ein noch größerer Unterſchied ſtatt und das Gewicht i hält nun bei geringeren Abſtänden vom Drehungspunkte größeren Laſten das Gleichgewicht. Der längere Hebelarm iſt ſo vierkantig geformt, daß bei jeder Aufhängung eine ſcharfe Kante nach oben ſteht, auf welcher das Gewicht mit ſeiner Faſſung

fortgeſchoben wird. Die Fig. gibt die Eintheilung für jede Aufhängung an, an welcher man das Gewicht ablieſt. Der Theorie nach braucht man, um jene Eintheilung herzuſtellen, die Länge des kürzeren Hebelarmes auf dem längeren vom Drehungspunkte ab nur ſo oft aufzutragen als möglich iſt. Hierbei iſt jedoch vorausgeſetzt, daß der Wagebalken im unbelaſteten Zuſtande in horizontaler Lage bleibt, iſt dieſes nicht der Fall, ſo werden die Abſtände nach dem Gewichte am beſten ein für allemal durch Vergleich mit einer guten gleicharmigen Wage beſtimmt.

Eine eigenthümliche Art von Wagen ſind endlich noch die Schwediſchen oder Däniſchen Wagen. Bei dieſen iſt nämlich der Unterſtützungspunkt verſchiebbar, während die Angriffspunkte der Laſt und des Gewichtes, ſo wie das Gewicht ſelbſt gleich bleiben. Auch hier muß (ſ. oben S. 860.) ſtets $AG = ga$ oder $G = \frac{a}{A} g$ ſein; das Verhältniß $\frac{a}{A}$ iſt es, welches ſich mit G ändert. Fig. 420. ſtellt eine ſolche Wage vor. Bei F iſt ein Doppelrinken, welcher oben aufgehangen wird und in deſſen unterem Theile der Balken verſchiebbar iſt; K iſt das Gewicht, b der Haken für die Laſt W, A deren Angriffspunkt. Die Eintheilung geht von C an und iſt (am beſten nach Vergleich mit einer gemeinen Wage) ſo regulirt, daß die Zahlen ohne Weiteres die Größe des Gewichtes der Laſt z. B. nach Pfunden angeben. Man ſieht leicht ein, daß bei dieſer Wage die Abſtände der einzelnen Theilſtriche nicht gleich ſein können.

Proney hat einen Träger für Wagen von allen Dimenſionen angegeben, der darauf berechnet iſt, alle Operationen mit der Wage zu erleichten, ohne ihre Genauigkeit zu vermindern. Fig. 421. und 422. ſtellt dieſen Träger in der Vorderanſicht und in der Seitenanſicht im Durchſchnitt vor. Aaaa iſt ein kupferner Fuß, welcher in die drei Enden a, a, a ausgeht, die auf einem Tiſche oder einer horizontalen Ebene feſtgeſchraubt ſind. In den Theil A dieſes Fußes iſt ein cylinderförmiger Stab AB geſchraubt, welcher von einer beliebigen Länge ſein kann. Es iſt gut, wenn man zwei ſolche Stäbe von verſchiedener Länge hat (z. B. von ½ und 1 Meter), um nach Bedarf den einen oder den anderen anzuwenden. Eine verticale Rolle P iſt an das Ende der Stange AB ſo angebracht, daß dieſelbe verticale Ebene durch die Axe des Stabes und die horizontale Axe der Rolle geht; die Gabel innerhalb welcher dieſe Rolle ſich bewegt, geht nach unten in eine Röhre aus, welche mit einiger Reibung über das Ende des Stabes geſchoben und durch eine Schraube E angedrückt wird. Eine andere Rolle p (Fig. 421.) iſt unten an dem Stabe angebracht, in einer ſolchen Stellung, daß die Tangente an beide Rollen P und p der Axe des Stabes AB parallel iſt. Eine Schnur ktpHGPF geht mit dem Ende, an welches an der Außenſeite der verticalen Tafel K ein kleines Gewicht k angehängt iſt, durch ein Loch t im Fuße a, liegt über den Rollen p und P und iſt bei F an ein Stück mm′nq befeſtigt, welches die Geſtalt einer Gabel hat und an welches die Wage, die Gewichte

können. Die beiden Lineale ab und dc ſind in der Mitte mit den beiden Stiften e und f, an das Fußgeſtelle gh ſo befeſtigt, daß ſie ſich ebenfalls um ſelbige drehen laſſen. Auf ſolche Art kann das ganze Parallelogramm die punktirte Lage annehmen, jedoch ſo, daß die beiden gegenüberſtehenden Seiten beſtändig gleich und parallel, und ad und bc immer vertical bleiben. Bringt man nun an dieſe Lineale ad und bc die Arme mi und no ſenkrecht an, und befeſtigt dieſelben bei p und q ſo, daß ſie ſich nicht drehen können, ſo werden die gleichen Gewichte k und l im Gleichgewichte ſein, an was für Punkten der Arme mi und no ſie auch hängen mögen. Man hänge z. B. k an m und l an o, wie es die Figur vorſtellt, ſo wird Alles im Gleichgewichte ſein, obgleich k dem Ruhepunkte oder der ſtehenden Säule gh näher, als l ſcheint. — Weil das Lineal im bei p ganz feſt iſt, ſo kann das in m aufgehangene Gewicht k nicht anders wirken, als wenn es in p angebracht nach der verticalen Richtung ad wirkt. Wenn ſich hingegen das Gewicht um p drehen könnte, ſo würde alsdann das Moment k. mp in Betrachtung gezogen werden müſſen; weil aber dieſe Umdrehung wegen der Befeſtigung in p nicht Statt finden kann, ohne zugleich das Lineal ad aus der verticalen Lage zu bringen, ſo wird durch dieſes ſtatiſche Moment blos eine Stemmung der beiden Lineale ab und cd gegen die Nägel e und f zu Wege gebracht, und die ziehende Kraft nach der verticalen Richtung an dieſem Lineale im iſt weder ſtärker noch geringer, als wenn k an p ſelbſt angebracht wäre, indem dieſer Ruhepunkt des Hebels ipm das Gewicht p mit zu tragen bekommt. Die nämliche Beſchaffenheit hat es mit dem Gewichte l. Mithin bleibt Alles im Gleichgewichte, wenn nur p und q gleich weit von ef entfernt ſind, und auf beiden Seiten Alles gleich ſchwer iſt. — Der nämliche Erfolg wird Statt haben, wenn der feſte Arm im bis r verlängert würde, und k in r hinge, in welchem Falle k und l auf einerlei Seite des Ruhepunkts zu hängen ſcheinen. Hierbei würde aber natürlich vorausgeſetzt werden müſſen, daß das Gewicht des Arms ir eben ſo ſchwer als der kürzere no ſein müßte, wenn die Wage im Gleichgewichte ſein ſollte.

Die oben S. 861. ſchon im Allgemeinen beſchriebene **Schnellwage**, wird die **Römiſche Wage** genannt. AB (Fig. 419.) ſtellt eine ſolche vor; a iſt die Scheere mit dem Ringe k, an welchem die Wage aufgehängt wird und innerhalb welcher die Zunge ſpielt. An den Haken f wird dann der zu wägende Körper gehangen, und i iſt das auf den längeren Hebelarm verſchiebbare Gewicht. Der Umdrehungspunkt der Wage liegt bei dieſer Aufhängung in C. Damit jedoch die Wage auch noch für gewichtigere Körper brauchbar ſei, iſt noch eine zweite Scheere d mit dem Ringe b angebracht. Hängt man die Wage an dieſem auf, und wendet den Haken (der mit ſeiner Gabel über A weggeht) um, ſo findet offenbar zwiſchen bei beiden Armen des Hebels ein noch größerer Unterſchied ſtatt und das Gewicht i hält nun bei geringeren Abſtänden vom Drehungspunkte größeren Laſten das Gleichgewicht. Der längere Hebelarm iſt ſo vierkantig geformt, daß bei jeder Aufhängung eine ſcharfe Kante nach oben ſteht, auf welcher das Gewicht mit ſeiner Faſſung

fortgeſchoben wird. Die Fig. gibt die Eintheilung für jede Aufhängung an, an welcher man das Gewicht ablieſt. Der Theorie nach braucht man, um jene Eintheilung herzuſtellen, die Länge des kürzeren Hebelarmes auf dem längeren vom Drehungspunkte ab nur ſo oft aufzutragen als möglich iſt. Hierbei iſt jedoch vorausgeſetzt, daß der Wagebalken im unbelaſteten Zuſtande in horizontaler Lage bleibt, iſt dieſes nicht der Fall, ſo werden die Abſtände nach dem Gewichte am beſten ein für allemal durch Vergleich mit einer guten gleicharmigen Wage beſtimmt.

Eine eigenthümliche Art von Wagen ſind endlich noch die Schwediſchen oder Däniſchen Wagen. Bei dieſen iſt nämlich der Unterſtützungspunkt verſchiebbar, während die Angriffspunkte der Laſt und des Gewichtes, ſo wie das Gewicht ſelbſt gleich bleiben. Auch hier muß (ſ. oben S. 860.) ſtets $AG = ga$ oder $G = \frac{a}{A}g$ ſein; das Verhältniß $\frac{a}{A}$ iſt es, welches ſich mit G ändert. Fig. 420. ſtellt eine ſolche Wage vor. Bei F iſt ein Doppelrinken, welcher oben aufgehangen wird und in deſſen unterem Theile der Balken verſchiebbar iſt; K iſt das Gewicht, b der Haken für die Laſt W, A deren Angriffspunkt. Die Eintheilung geht von C an und iſt (am beſten nach Vergleich mit einer gemeinen Wage) ſo regulirt, daß die Zahlen ohne Weiteres die Größe des Gewichtes der Laſt z. B. nach Pfunden angeben. Man ſieht leicht ein, daß bei dieſer Wage die Abſtände der einzelnen Theilſtriche nicht gleich ſein können.

Proney hat einen Träger für Wagen von allen Dimenſionen angegeben, der darauf berechnet iſt, alle Operationen mit der Wage zu erleichten, ohne ihre Genauigkeit zu vermindern. Fig. 421. und 422. ſtellt dieſen Träger in der Vorderanſicht und in der Seitenanſicht im Durchſchnitt vor. Aaaa iſt ein kupferner Fuß, welcher in die drei Enden a, a, a ausgeht, die auf einem Tiſche oder einer horizontalen Ebene feſtgeſchraubt ſind. In den Theil A dieſes Fußes iſt ein cylinderförmiger Stab AB geſchraubt, welcher von einer beliebigen Länge ſein kann. Es iſt gut, wenn man zwei ſolche Stäbe von verſchiedener Länge hat (z. B. von ½ und 1 Meter), um nach Bedarf den einen oder den anderen anzuwenden. Eine verticale Rolle P iſt an das Ende der Stange AB ſo angebracht, daß dieſelbe verticale Ebene durch die Axe des Stabes und die horizontale Axe der Rolle geht; die Gabel innerhalb welcher dieſe Rolle ſich bewegt, geht nach unten in eine Röhre aus, welche mit einiger Reibung über das Ende des Stabes geſchoben und durch eine Schraube E angedrückt wird. Eine andere Rolle p (Fig. 421.) iſt unten an dem Stabe angebracht, in einer ſolchen Stellung, daß die Tangente an beide Rollen P und p der Axe des Stabes AB parallel iſt. Eine Schnur ktpHGPF geht mit dem Ende, an welches an der Außenſeite der verticalen Tafel K ein kleines Gewicht k angehängt iſt, durch ein Loch t im Fuße a, liegt über den Rollen p und P und iſt bei F an ein Stück mm'nq befeſtigt, welches die Geſtalt einer Gabel hat und an welches die Wage, die Gewichte

und die Subſtanzen, welche gewogen werden ſollen, aufgehängt werden. Fm iſt ein Knopf, welcher an den Stiel der Gabel geſchraubt wird und der das Ende der Schnur aufnimmt. Der Stiel der Gabel iſt an dem Theile m′n von prismatiſcher Form. Dieſer prismatiſche Theil geht durch die Rinne ff in dem horizontalen Stücke des NO, ſo daß er frei aufwärts und abwärts gleiten kann. Dieſe Bewegung iſt jedoch durch die vorſtehenden Theile m und n beſchränkt. Das Stück NO, welches hohl iſt und bei O für den Stab AB eingeſchnitten iſt, kann nach oben und unten verſchoben und rund um den Stab gewendet werden. Nachdem es auf die gehörige Höhe gebracht worden iſt, ſo wird es in der Mitte durch die Schraube V befeſtigt, und dann iſt nothwendig, erſtens, daß es in einer ſolchen Höhe ſich befinde, daß, wenn das Hinderniß m oberwärts auf der Rinne ff aufliegt, indem die Länge von NO unveränderlich iſt, die Schalen der Wage in Berührung mit der Tafel oder horizontalen Fläche kommen, (wonach die Wage alſo um die ganze Länge von fn gehoben werden kann) und zweitens, daß die Schnur PF in einer und derſelben verticalen Ebene mit HG ſich befinde. Die Rinne bei N muß ſo angebracht ſein, daß die Axe des prismatiſchen Theiles des Endes der Gabel, und die Schnur FP′ immer in derſelben verticalen Ebene, oder parallel der Axe des Stabes AB bleibe. Unter dieſen Vorausſetzungen ſtelle man ſich vor, daß die zwei Arme nq der Gabel mit Löchern von verſchiedenem Durchmeſſer durchbohrt wären, um horizontale Schrauben gg von verſchiedener Geſtalt aufnehmen zu können, und man wird Alles beiſammen haben, was für die gewöhnlichen in der Luft mit Wagen, deren Balken von oben befeſtigt ſind, vorzunehmenden Wägungen erforderlich iſt. — Die Wage mag nun beſchaffen ſein, wie ſie will, man bringt das Ende ihrer ſchwebenden Handhabe in die Gabel nq und ſteckt in das runde Loch, welches die Handhabe jeder Wage in der Regel an ihrem äußerſten Ende hat, irgend eine von den Schrauben, die mit Leichtigkeit ſich darin bewegt, und bringt hierauf das Stück ON in einer Art an, welche die durch die Stellung des Stückes gebotenen Bedingungen erfüllt, worauf man es mit der Schraube V befeſtigt. Iſt dieß geſchehn, ſo ſind die Schalen der Wage zu beſchweren, die ſich, da ſie die Tafel der horizontalen Ebene berühren, nicht bewegen können. Sind die Schalen mit Gewicht beſchwert, ſo ergreift man den kleinen Knopf k und zieht an der Schnur, an welcher er hängt, um auf dieſe Weiſe das Gleichgewicht ſehr ſanft herzuſtellen; ſind die Schalen nicht im Gleichgewicht, ſo läßt man die Schnur nach, bis ſie auf der Tafel bleiben, und ſo fort. Ein Gegengewicht Q, welches an der Schnur PG hängt, muß dem Gewicht der Wage das Gleichgewicht halten. Durch dieſe Vorſichtsmaßregel bewirkt man, daß der gemeinſchaftliche Schwerpunkt aller Kräfte, der durch die Rolle P unterſtützt wird, für alle Fälle mit der Axe des Stabes AB zuſammenfällt, welcher daher keine Neigung erhält, ſich zu biegen. —

Man hat zu Zwecken des Verkehrs mancherlei Wagevorrichtungen erſonnen, welche näher zu beſchreiben hier nicht der Ort iſt. Nur im Allgemeinen mag noch der ſogenannten Brückenwage gedacht werden.

AB (Fig. 423.) iſt ein in E aufliegender Wagebalken, der mit der Stange BC und dem zweiten Wagebalken CD ſo verbunden iſt, daß eine Drehung um die Verbindungspunkte B und C Statt finden kann; das Ende D aber iſt um eine an den Unterlagen befeſtigte Axe D drehbar. Läßt man nun auf die Brücke FG, die mittels der Stütze H auf den zweiten Hebelarm in H drückt, einen beladenen Wagen fahren, und belaſtet zugleich die Wagſchale A, ſo wird, wenn AE fünfmal ſo groß als EB iſt, ein Gewicht in A gleich 10 Pfunden, in B eine hinaufziehende Kraft von 50 Pfund hervorbringen, und wenn ferner CD fünfmal ſo groß iſt als HD, ſo widerſteht dieſe in C hinaufziehende Kraft von 50 Pfunden einer in H drückenden Kraft von 250 Pfunden; man hat alſo nur den 25ſten Theil des in H drückenden Gewichtes nöthig, um auf der Wageſchale A der Laſt H das Gleichgewicht zu halten. Dies gewährt nicht bloß eine Bequemlichkeit wegen des ſehr erleichterten Abhebens und Aufſetzens der Gewichte, ſondern der Druck auf die Unterlagen wird auch geringer. Wollte man 2500 Pfund mit der gewöhnlichen Wage abwägen, ſo müßte man die zweite Schale mit 2500 Pfund, alſo die Unterlage mit 5000 Pfund belaſten; hier hingegen müſſen, wenn in H 2500 Pfund drücken, in C 500 Pfund hinaufziehen und D leidet doch nur einen Druck von 2000 Pfunden, E einen Druck von 600 Pfunden, weil in A nur 100 Pfund nöthig ſind, um in D den Druck von 500 Pfunden hervorzubringen.

Waſſerblei, Molybdän, ein unedles, ſchweres Metall, wurde zuerſt als Molybdänſäure von **Scheele** 1778 entdeckt und von **Hielm** 1782 als Metall dargeſtellt. Es kommt natürlich mit wenig Schwefel verbunden als Waſſerblei und als molybdänſaures Bleioxyd vor. Das reine Metall iſt ſilberweiß, ſtark glänzend, oder ein aſchgraues Pulver, von 8,6 ſpec. Gewicht, härter als Silber und ſchwer ſchmelzbar. An der Luft verliert das Molybdän allmählig ſeinen Glanz und oxydirt ſich. Beim Erhitzen wird es, nicht ſelten unter Feuerentwicklung, braun, dann blau, zuletzt weiß. Durch Salpeterſäure und Königswaſſer wird es aufgelöſt und durch concentrirte Schwefelſäure in ein braunes Pulver verwandelt, von anderen Säuren aber nicht angegriffen. — Das **Molybdänoxydul** iſt ein braunſchwarzes Pulver, welches mit Waſſer ſchwarzes **Molybdänoxydulhydrat** und mit Säuren die dunkelgrünen oder ſchwarzen **Molybdänoxydulſalze** gibt. — Das **Molybdänoxyd** iſt dunkelbraun und bildet mit Waſſer ein roſtbraunes, trocken ſchwarzbraunes Pulver, **Molybdänoxydhydrat**, mit Säuren die **Molybdänoxydſalze**, welche im waſſerleeren Zuſtande beinah ſchwarz, im waſſerhaltenden roth ſind. — Die **Molybdänſäure** iſt eine weiße, leichte, poröſe Maſſe, von Seidenglanz, die ſich zart wie Talg anfühlt und in der Hitze zu einer ſtrahligen, grünlich- oder gelblichweißen Maſſe ſchmilzt, in der Hitze, beſonders unter Luftzutritt flüchtig iſt und durch Sublimation weiße glänzende Blätter und Nadeln bildet, beim Erhitzen vorübergehend gelb wird, ſcharf metalliſch ſchmeckt, ſauer reagirt und in Waſſer etwas ſchwer löslich iſt. Mit ſtärkeren Säuren gibt ſie **Doppelſäuren** von meiſtens gelber

Farbe und ſchrumpfend metalliſchem Geſchmack; mit Baſen molybdänſaure Salze, welche theils weißlich theils gelb ſind. — Das einfach Chlormolybdän (Molybdänchlorür) iſt eine dunkelrothe, im Waſſer unlösliche Maſſe, welche im lufthaltenden Raume erhitzt unverändert als eine ziegelrothe Maſſe, im luftleeren erhitzt als dunkelgrüne Maſſe ſublimirt, die letztere iſt von derſelben Zuſammenſetzung wie die erſte, aber löſt ſich leicht in Waſſer als ſalzſaures Molybdänoxydul. — Das doppelt Chlormolybdän raucht an der Luft und zerfließt und löſt ſich unter ſtarker Erhitzung in Waſſer als ſalzſaures Molybdänoxyd. — Das dreifach Chlormolybdän (Molybdänſuperchlorid) bildet zarte gelblichweiße Kryſtallſchuppen, iſt unſchmelzbar, etwas weniger flüchtig als das Chlorid, und in Waſſer leicht löslich als ſalzſaure Molybdänſäure. — Das doppelt Schwefelmolybdän iſt das natürlich vorkommende Waſſerblei. Das dreifach Schwefelmolybdän iſt ein ſchwarzbraunes Pulver. Das vierfach Schwefelmolybdän bildet einen dunkelrothen durchſcheinenden, voluminöſen Niederſchlag, welcher beim Trocknen ſtärker einſchrumpft, körnig, grau und metallglänzend wird.

Waſſerhammer, Pulshammer nennt man eine gläſerne Röhre, welche etwas Waſſer enthält, übrigens luftleer und auf beiden Seiten verſchloſſen iſt. In der Regel iſt ſie 10 bis 12 Zoll lang, geht am oberen Ende in eine Spitze aus, und iſt unten halbkugelförmig erweitert oder mit einer angeblaſenen Kugel verſehen. Hält man dieſe Röhre erſt mit der Spitze nach unten und kehrt ſie dann ſchnell um, ſo ſchlägt das Waſſer mit einem Schall an, als ob ein feſter Körper gegen das Glas ſchlüge und zerſchlägt es, wenn das Glas nicht hinreichende Feſtigkeit beſitzt. Man kann den Waſſerhammer leicht herſtellen, wenn man anfangs die Spitze offen läßt, das Waſſer in dem unteren Theile über eine Lampe zum Sieden bringt und nachdem alle Luft ausgetrieben, die Röhre aber ganz mit Waſſerdampf gefüllt iſt, die Spitze zuſchmilzt. Der Grund des heftigen Anſchlagens iſt der Mangel der Luft im Innern der Röhre, durch welche die Bewegung des Waſſers keine Verzögerung erfährt und das Zerſpringen des Glaſes geſchieht leichter, weil kein Gegendruck im Innern der Röhre vorhanden iſt, welcher dem äußeren atmoſphäriſchen Drucke das Gleichgewicht hält. Die im Art. Luftballon angeführten Verſuche erläutern den letzten Umſtand näher. Das ſcharfe Anſchlagen einer Flüſſigkeit an das Glas im luftleeren Raume beobachtet man auch an jedem Barometer, wenn er umgewendet wird, welches daher immer mit großer Vorſicht geſchehen muß. S. d. Art. Barometer.

Waſſerhebemaſchinen ſind Maſchinen, welche dienen das Waſſer auf mehr oder weniger hohe Orte aus niedriger gelegenen emporzuſchaffen. Man kann ſich hierzu herab und hinauf gehender Eimer bedienen und kann dieſe auf mannigfach verſchiedene Weiſe anbringen, welches näher anzuführen, hier nicht der Ort iſt, da es von keinem phy-

ſikaliſchen Intereſſe iſt. Eben ſo wenig kann von den großen künſtlichen Werken die Rede ſein, welche einen Gegenſtand der Technologie ausmachen, die aber auf den Principien der einfachen Waſſerhebemaſchinen beruhen, deren hier Erwähnung zu thun. Die gebräuchlichſten Waſſerhebemaſchinen ſind die Pumpen. Man unterſcheidet Saugwerke, Druckwerke und Saug- und Druckwerke. Von den beiden letzten Arten iſt im Art. Druckwerke gehandelt und es kommen daher nur noch die Saugwerke in Betracht. Die Saugpumpen ſind im allgemeinſten Gebrauche und beruhen auf dem Principe, daß Waſſer bis zur Höhe von 32 F. durch den äußeren Luftdruck in einer luftleeren Röhre emporgetrieben wird. (Vergl. d. Art. Atmoſphäre und Barometer.) Fig. 424. ſtellt eine einfache Saugpumpe im Durchſchnitt dar. CE iſt die Saugröhre, welche mit dem unteren Ende unter der Oberfläche des emporzuhebenden Waſſers ſteht. Ueber ihr ſteht die Röhre AC, welche einen Kolben nopq enthält, der mit Hilfe der Kolbenſtange ml herauf und herunter bewegt werden kann. Dieſe Röhre AC heißt der Stiefel. Dieſelbe wird von der Saugröhre durch das Ventil i geſchieden, welches ſich nach oben öffnet, *) und in sr hat der Stiefel eine offene Ausgußröhre. Der Fuß der Saugröhre iſt unten mit einer ſiebartigen Vorrichtung (Seiher) geſchloſſen, damit nur unverunreinigtes Waſſer in ſie zu dringen vermag. Der Kolben im Stiefel iſt in ſeiner Mitte durchbohrt, und dieſe Oeffnung h iſt mit einem nach oben gehenden Ventile k verſchloſſen. Von ſelbſt dringt das Waſſer, wenn die Luft aus der Röhre CE entweichen kann bis zur IK ein, weil ſich das Waſſer außerhalb und innerhalb jeder offenen eingetauchten Röhre in gleiches Niveau ſtellt. Nun ſtehe der Kolben bei CD auf, das Ventil i ſei geſchloſſen. Erhebt ſich hierauf der Kolben, ſo breitet ſich die Luft unter ihm aus, die Luft im Saugrohre wird ſich gleichfalls ausdehnen, das Ventil i ſich öffnen, zugleich aber auch dadurch ein Uebergewicht der auf die Waſſerfläche drückenden atmoſphäriſchen Luft über die Luft im Innern der Röhre, welche den Gegendruck leiſtet, entſtehen und ſich folglich das Waſſer in CE erheben, bis die Luft über ihr wieder mit der äußern Luft dieſelbe Dichte hat. So ſteigt etwa das Waſſer in den Saugröhren bis zum Niveau GH. Nun gehe der Kolben wieder herab, ſo ſchließt ſich durch den von dieſer Bewegung erzeugten Luftdrucke das Ventil i, und es öffnet ſich das Ventil k. Beim Herabgehen des Kolben geht alle Luft unter ihm über i durch die Oeffnung h und man überſieht leicht, daß bei einem zweiten Kolbenhube eine neue Hebung des Waſſers in der Saugröhre erfolgt. Bald ſteht das Waſſer über dem Ventile i, welches ſeinen Rückfall verhindert, ſobald es ſich beim Niedergehen des Kolbens ſchließt. Hierbei öffnet ſich aber wieder des Ventil k und das Waſſer unter dem Kolben tritt durch h über denſelben. Geht nun der Kolben in die Höhe, ſo ſchließt ſich das Ventil k und der Kolben führt das über ihn getretene Waſſer mit empor, wo es ſich dann durch die Röhre sr ergießt. Man überſieht leicht, daß dem Principe gemäß,

*) Ueber Ventile ſ. d. Art. Dampfmaſchine S. 521.

und die Subſtanzen, welche gewogen werden ſollen, aufgehängt werden. Fm iſt ein Knopf, welcher an den Stiel der Gabel geſchraubt wird und der das Ende der Schnur aufnimmt. Der Stiel der Gabel iſt an dem Theile m′n von prismatiſcher Form. Dieſer prismatiſche Theil geht durch die Rinne ff in dem horizontalen Stücke des NO, ſo daß er frei aufwärts und abwärts gleiten kann. Dieſe Bewegung iſt jedoch durch die vorſtehenden Theile m und n beſchränkt. Das Stück NO, welches hohl iſt und bei O für den Stab AB eingeſchnitten iſt, kann nach oben und unten verſchoben und rund um den Stab gewendet werden. Nachdem es auf die gehörige Höhe gebracht worden iſt, ſo wird es in der Mitte durch die Schraube V befeſtigt, und dann iſt nothwendig, erſtens, daß es in einer ſolchen Höhe ſich befinde, daß, wenn das Hinderniß m oberwärts auf der Rinne ff aufliegt, indem die Länge von NO unveränderlich iſt, die Schalen der Wage in Berührung mit der Tafel oder horizontalen Fläche kommen, (wonach die Wage alſo um die ganze Länge von fn gehoben werden kann) und zweitens, daß die Schnur PF in einer und derſelben verticalen Ebene mit HG ſich befinde. Die Rinne bei N muß ſo angebracht ſein, daß die Axe des prismatiſchen Theiles des Endes der Gabel, und die Schnur FP′ immer in derſelben verticalen Ebene, oder parallel der Axe des Stabes AB bleibe. Unter dieſen Vorausſetzungen ſtelle man ſich vor, daß die zwei Arme nq der Gabel mit Löchern von verſchiedenem Durchmeſſer durchbohrt wären, um horizontale Schrauben gg von verſchiedener Geſtalt aufnehmen zu können, und man wird Alles beiſammen haben, was für die gewöhnlichen in der Luft mit Wagen, deren Balken von oben befeſtigt ſind, vorzunehmenden Wägungen erforderlich iſt. — Die Wage mag nun beſchaffen ſein, wie ſie will, man bringt das Ende ihrer ſchwebenden Handhabe in die Gabel nq und ſteckt in das runde Loch, welches die Handhabe jeder Wage in der Regel an ihrem äußerſten Ende hat, irgend eine von den Schrauben, die mit Leichtigkeit ſich darin bewegt, und bringt hierauf das Stück ON in einer Art an, welche die durch die Stellung des Stückes gebotenen Bedingungen erfüllt, worauf man es mit der Schraube V befeſtigt. Iſt dieß geſchehn, ſo ſind die Schalen der Wage zu beſchweren, die ſich, da ſie die Tafel der horizontalen Ebene berühren, nicht bewegen können. Sind die Schalen mit Gewicht beſchwert, ſo ergreift man den kleinen Knopf k und zieht an der Schnur, an welcher er hängt, um auf dieſe Weiſe das Gleichgewicht ſehr ſanft herzuſtellen; ſind die Schalen nicht im Gleichgewicht, ſo läßt man die Schnur nach, bis ſie auf der Tafel bleiben, und ſo fort. Ein Gegengewicht Q, welches an der Schnur PG hängt, muß dem Gewicht der Wage das Gleichgewicht halten. Durch dieſe Vorſichtsmaßregel bewirkt man, daß der gemeinſchaftliche Schwerpunkt aller Kräfte, der durch die Rolle P unterſtützt wird, für alle Fälle mit der Axe des Stabes AB zuſammenfällt, welcher daher keine Neigung erhält, ſich zu biegen. —

Man hat zu Zwecken des Verkehrs mancherlei Wagevorrichtungen erſonnen, welche näher zu beſchreiben hier nicht der Ort iſt. Nur im Allgemeinen mag noch der ſogenannten **Brückenwage** gedacht werden.

AB (Fig. 423.) iſt ein in E aufliegender Wagebalken, der mit der Stange BC und dem zweiten Wagebalken CD ſo verbunden iſt, daß eine Drehung um die Verbindungspunkte B und C Statt finden kann; das Ende D aber iſt um eine an den Unterlagen befeſtigte Axe D drehbar. Läßt man nun auf die Brücke FG, die mittels der Stütze H auf den zweiten Hebelarm in H drückt, einen beladenen Wagen fahren, und belaſtet zugleich die Wagſchale A, ſo wird, wenn AE fünfmal ſo groß als EB iſt, ein Gewicht in A gleich 10 Pfunden, in B eine hinaufziehende Kraft von 50 Pfund hervorbringen, und wenn ferner CD fünfmal ſo groß iſt als HD, ſo widerſteht dieſe in C hinaufziehende Kraft von 50 Pfunden einer in H drückenden Kraft von 250 Pfunden; man hat alſo nur den 25ſten Theil des in H drückenden Gewichtes nöthig, um auf der Wageſchale A der Laſt H das Gleichgewicht zu halten. Dies gewährt nicht bloß eine Bequemlichkeit wegen des ſehr erleichterten Abhebens und Aufſetzens der Gewichte, ſondern der Druck auf die Unterlagen wird auch geringer. Wollte man 2500 Pfund mit der gewöhnlichen Wage abwägen, ſo müßte man die zweite Schale mit 2500 Pfund, alſo die Unterlage mit 5000 Pfund belaſten; hier hingegen müſſen, wenn in H 2500 Pfund drücken, in C 500 Pfund hinaufziehen und D leidet doch nur einen Druck von 2000 Pfunden, E einen Druck von 600 Pfunden, weil in A nur 100 Pfund nöthig ſind, um in D den Druck von 500 Pfunden hervorzubringen.

Waſſerblei, Molybdän, ein unedles, ſchweres Metall, wurde zuerſt als Molybdänſäure von **Scheele** 1778 entdeckt und von **Hielm** 1782 als Metall dargeſtellt. Es kommt natürlich mit wenig Schwefel verbunden als Waſſerblei und als molybdänſaures Bleioxyd vor. Das reine Metall iſt ſilberweiß, ſtark glänzend, oder ein aſchgraues Pulver, von 8,6 ſpec. Gewicht, härter als Silber und ſchwer ſchmelzbar. An der Luft verliert das Molybdän allmählig ſeinen Glanz und oxydirt ſich. Beim Erhitzen wird es, nicht ſelten unter Feuerentwicklung, braun, dann blau, zuletzt weiß. Durch Salpeterſäure und Königswaſſer wird es aufgelöſt und durch concentrirte Schwefelſäure in ein braunes Pulver verwandelt, von anderen Säuren aber nicht angegriffen. — Das **Molybdänoxydul** iſt ein braunſchwarzes Pulver, welches mit Waſſer ſchwarzes **Molybdänoxydulhydrat** und mit Säuren die dunkelgrünen oder ſchwarzen **Molybdänoxydulſalze** gibt. — Das **Molybdänoxyd** iſt dunkelbraun und bildet mit Waſſer ein roſtbraunes, trocken ſchwarzbraunes Pulver, **Molybdänoxydhydrat**, mit Säuren die **Molybdänoxydſalze**, welche im waſſerleeren Zuſtande beinah ſchwarz, im waſſerhaltenden roth ſind. — Die **Molybdänſäure** iſt eine weiße, leichte, poröſe Maſſe, von Seidenglanz, die ſich zart wie Talg anfühlt und in der Hitze zu einer ſtrahligen, grünlich- oder gelblichweißen Maſſe ſchmilzt, in der Hitze, beſonders unter Luftzutritt flüchtig iſt und durch Sublimation weiße glänzende Blätter und Nadeln bildet, beim Erhitzen vorübergehend gelb wird, ſcharf metalliſch ſchmeckt, ſauer reagirt und in Waſſer etwas ſchwer löslich iſt. Mit ſtärkeren Säuren gibt ſie **Doppelſäuren** von meiſtens gelber

Farbe und ſchrumpfend metalliſchem Geſchmack; mit Baſen molybdänſaure Salze, welche theils weißlich theils gelb ſind. — Das einfach Chlormolybdän (Molybdänchlorür) iſt eine dunkelrothe, im Waſſer unlösliche Maſſe, welche im lufthaltenden Raume erhitzt unverändert als eine ziegelrothe Maſſe, im luftleeren erhitzt als dunkelgrüne Maſſe ſublimirt, die letztere iſt von derſelben Zuſammenſetzung wie die erſte, aber löſt ſich leicht in Waſſer als ſalzſaures Molybdänoxydul. — Das doppelt Chlormolybdän raucht an der Luft und zerfließt und löſt ſich unter ſtarker Erhitzung in Waſſer als ſalzſaures Molybdänoxyd. — Das dreifach Chlormolybdän (Molybdänſuperchlorid) bildet zarte gelblichweiße Kryſtallſchuppen, iſt unſchmelzbar, etwas weniger flüchtig als das Chlorid, und in Waſſer leicht löslich als ſalzſaure Molybdänſäure. — Das doppelt Schwefelmolybdän iſt das natürlich vorkommende Waſſerblei. Das dreifach Schwefelmolybdän iſt ein ſchwarzbraunes Pulver. Das vierfach Schwefelmolybdän bildet einen dunkelrothen durchſcheinenden, voluminöſen Niederſchlag, welcher beim Trocknen ſtärker einſchrumpft, körnig, grau und metallglänzend wird.

Waſſerhammer, Pulshammer nennt man eine gläſerne Röhre, welche etwas Waſſer enthält, übrigens luftleer und auf beiden Seiten verſchloſſen iſt. In der Regel iſt ſie 10 bis 12 Zoll lang, geht am oberen Ende in eine Spitze aus, und iſt unten halbkugelförmig erweitert oder mit einer angeblaſenen Kugel verſehen. Hält man dieſe Röhre erſt mit der Spitze nach unten und kehrt ſie dann ſchnell um, ſo ſchlägt das Waſſer mit einem Schall an, als ob ein feſter Körper gegen das Glas ſchlüge und zerſchlägt es, wenn das Glas nicht hinreichende Feſtigkeit beſitzt. Man kann den Waſſerhammer leicht herſtellen, wenn man anfangs die Spitze offen läßt, das Waſſer in dem unteren Theile über eine Lampe zum Sieden bringt und nachdem alle Luft ausgetrieben, die Röhre aber ganz mit Waſſerdampf gefüllt iſt, die Spitze zuſchmilzt. Der Grund des heftigen Anſchlagens iſt der Mangel der Luft im Innern der Röhre, durch welche die Bewegung des Waſſers keine Verzögerung erfährt und das Zerſpringen des Glaſes geſchieht leichter, weil kein Gegendruck im Innern der Röhre vorhanden iſt, welcher dem äußeren atmoſphäriſchen Drucke das Gleichgewicht hält. Die im Art. Luftballon angeführten Verſuche erläutern den letzten Umſtand näher. Das ſcharfe Anſchlagen einer Flüſſigkeit an das Glas im luftleeren Raume beobachtet man auch an jedem Barometer, wenn er umgewendet wird, welches daher immer mit großer Vorſicht geſchehen muß. S. d. Art. Barometer.

Waſſerhebemaſchinen ſind Maſchinen, welche dienen das Waſſer auf mehr oder weniger hohe Orte aus niedriger gelegenen emporzuſchaffen. Man kann ſich hierzu herab und hinauf gehender Eimer bedienen und kann dieſe auf mannigfach verſchiedene Weiſe anbringen, welches näher anzuführen, hier nicht der Ort iſt, da es von keinem phy=

ſikaliſchen Intereſſe iſt. Eben ſo wenig kann von den großen künſtlichen Werken die Rede ſein, welche einen Gegenſtand der Technologie ausmachen, die aber auf den Principien der einfachen Waſſerhebemaſchinen beruhen, deren hier Erwähnung zu thun. Die gebräuchlichſten Waſſerhebemaſchinen ſind die Pumpen. Man unterſcheidet Saugwerke, Druckwerke und Saug- und Druckwerke. Von den beiden letzten Arten iſt im Art. Druckwerke gehandelt und es kommen daher nur noch die Saugwerke in Betracht. Die Saugpumpen ſind im allgemeinſten Gebrauche und beruhen auf dem Principe, daß Waſſer bis zur Höhe von 32 F. durch den äußeren Luftdruck in einer luftleeren Röhre emporgetrieben wird. (Vergl. d. Art. Atmoſphäre und Barometer.) Fig. 424. ſtellt eine einfache Saugpumpe im Durchſchnitt dar. CE iſt die Saugröhre, welche mit dem unteren Ende unter der Oberfläche des emporzuhebenden Waſſers ſteht. Ueber ihr ſteht die Röhre AC, welche einen Kolben nopq enthält, der mit Hilfe der Kolbenſtange ml herauf und herunter bewegt werden kann. Dieſe Röhre AC heißt der Stiefel. Dieſelbe wird von der Saugröhre durch das Ventil i geſchieden, welches ſich nach oben öffnet, *) und in sr hat der Stiefel eine offene Ausgußröhre. Der Fuß der Saugröhre iſt unten mit einer ſiebartigen Vorrichtung (Seiher) geſchloſſen, damit nur unverunreinigtes Waſſer in ſie zu dringen vermag. Der Kolben im Stiefel iſt in ſeiner Mitte durchbohrt, und dieſe Oeffnung h iſt mit einem nach oben gehenden Ventile k verſchloſſen. Von ſelbſt dringt das Waſſer, wenn die Luft aus der Röhre CE entweichen kann bis zur IK ein, weil ſich das Waſſer außerhalb und innerhalb jeder offenen eingetauchten Röhre in gleiches Niveau ſtellt. Nun ſtehe der Kolben bei CD auf, das Ventil i ſei geſchloſſen. Erhebt ſich hierauf der Kolben, ſo breitet ſich die Luft unter ihm aus, die Luft im Saugrohre wird ſich gleichfalls ausdehnen, das Ventil i ſich öffnen, zugleich aber auch dadurch ein Uebergewicht der auf die Waſſerfläche drückenden atmoſphäriſchen Luft über die Luft im Innern der Röhre, welche den Gegendruck leiſtet, entſtehen und ſich folglich das Waſſer in CE erheben, bis die Luft über ihr wieder mit der äußern Luft dieſelbe Dichte hat. So ſteigt etwa das Waſſer in den Saugröhren bis zum Niveau GH. Nun gehe der Kolben wieder herab, ſo ſchließt ſich durch den von dieſer Bewegung erzeugten Luftdrucke das Ventil i, und es öffnet ſich das Ventil k. Beim Herabgehen des Kolben geht alle Luft unter ihm über i durch die Oeffnung h und man überſieht leicht, daß bei einem zweiten Kolbenhube eine neue Hebung des Waſſers in der Saugröhre erfolgt. Bald ſteht das Waſſer über dem Ventile i, welches ſeinen Rückfall verhindert, ſobald es ſich beim Niedergehen des Kolbens ſchließt. Hierbei öffnet ſich aber wieder des Ventil k und das Waſſer unter dem Kolben tritt durch h über denſelben. Geht nun der Kolben in die Höhe, ſo ſchließt ſich das Ventil k und der Kolben führt das über ihn getretene Waſſer mit empor, wo es ſich dann durch die Röhre sr ergießt. Man überſieht leicht, daß dem Principe gemäß,

---

*) Ueber Ventile ſ. d. Art. Dampfmaſchine S. 521.

auf welches ſich die Saugpumpe gründet, die Entfernung bis zu welcher das Waſſer emporzuſteigen genöthigt wird, nicht mehr als 32 F. betragen darf. Aber auch 32 F. hoch wird das Waſſer nicht in einer Pumpe ſteigen, weil ein Pumpenapparat ſich niemals mit ſolcher Vollkommenheit darſtellen läßt, daß ein vollſtändig luftleerer Raum unter dem Kolben entſteht, daher immer ein, wenn auch geringerer, innerer Luftdruck vorhanden iſt, welcher einem Theile des Atmoſphärendruckes das Gleichgewicht hält. Man nimmt die Entfernung bis zu welcher der Kolben emporſteigt, vom Niveau des Waſſerſpiegels daher niemals höher als 28 par. F. Auch darf das Ventil i nicht zu hoch angebracht werden, und es iſt vielmehr beſſer den Stiefel zu verlängern, weil ſonſt die Luftverdünnung unter dem Kolben leicht zu gering iſt um das Waſſer bis über s zu heben. Da ſobald der Kolben unten ſteht, das über ihn getretene Waſſer nicht mehr durch Saugen gehoben, ſondern mit der Kolbenſtange heraufgezogen wird, ſo iſt klar, daß man dem Stiefel jede beliebige Länge geben kann, ſo lange der Kolben die Kolbenſtange und die unteren Theile des Stiefels die Laſt des auf ihnen ruhenden Waſſers, die Reibung u. ſ. w. ertragen können. Auf dieſe Weiſe hebt man bei ſehr tiefen Brunnen und den Vorlöchern der Salinen das Waſſer auf 100 und mehr Fuß. In Bergwerken bringt man, um das Waſſer auf größere Höhen zu erheben, ſtatt deſſen ſogenannte Kunſtſätze an, d. h. eine Reihe von Pumpen, von denen jede höherſtehende das Waſſer, welches die unter ihr ſtehende in einen Behälter ausgegoſſen hat, auf eine mäßige Höhe emporpumpt.

Beim Niedergehen des Embolus (Kolben) wird kein Waſſer gehoben und der Ausfluß deſſelben müßte alſo während dieſer Zeit aufhören. Indeß iſt die Ausflußöffnung in der Regel ſo klein, daß das Waſſer im Pumpenſtocke bis zu einiger Höhe über dieſelbe gehoben wird und daher ein anhaltendes Ausfließen, jedoch in ungleicher Menge, ſtattfindet. Außerdem pflegt man zuweilen in der Höhe der Ausflußöffnung einen weitern Behälter anzubringen, in welchem ſich das Waſſer ſammelt und aus ihm dann in faſt gleichbleibender Menge abfließt. Die Menge des gehobnen Waſſers läßt ſich hiernach leicht finden, indem ſie dem Kubikinhalte eines Waſſercylinders gleich iſt, welchen man erhält, wenn man den Querſchnitt des Stiefels, worin ſich der Embolus bewegt, mit der Höhe ſeines Hubes multiplicirt und das Produkt durch die Zahl der Kolbenhube in einer gegebnen Zeit vervielfacht, wobei jedoch auf einigen Verluſt wegen mangelhaften Schließens der Maſchinentheile gerechnet werden muß. Iſt die Kraft zu finden, welche erfordert wird, um vermittels des Kolbens das Waſſer zu heben, ſo darf man nur berückſichtigen, daß auf die obere Fläche des Embolus die geſammte über ihm ſtehende Waſſerſäule bis zur Ausflußmündung (wenn das Waſſer nur bis zu dieſer ſteigt) und die atmoſphäriſche Luft drückt, letztere aber zugleich auch auf den äußeren Waſſerſpiegel oder, was einerlei iſt, gegen die untere Fläche deſſelben. Dieſe beiden gleichen Größen würden ſich einander aufheben, wenn nicht der äußere Druck um ſoviel verminderl würde, als das Gewicht der durch Saugen gehobenen Waſſerſäule beträgt, welche Größe daher der zu hebenden Laſt hinzu-

addirt werden muß. Man kann demnach, wie es gewöhnlich geſchieht, entweder beide entgegenſtehende Größen addiren, oder einfacher nur die Differenz beider, die durch die untere Waſſerſäule gegeben iſt, hinzuaddiren. Indem aber der hydroſtatiſche Druck des Waſſers der Baſis multiplicirt mit der Höhe gleich iſt, ſo ſei die Höhe der Waſſerſäule unter dem Embolus $= h'$, über demſelben $= h$, der Halbmeſſer des Embolus $= r$, und dann iſt die zum Heben erforderliche Kraft $K = r^2 \pi (h + h')$ oder, wenn $h + h' = H$ geſetzt wird, $K = r^2 \pi H$. Hierzu muß dann noch das Gewicht des Kolbens und der Stange, desgleichen der Reibungs-Coefficient addirt werden, wenn man das Trägheitsmoment des in Bewegung zu ſetzenden Waſſers und der Maſchinentheile, deßgleichen den Widerſtand durch die Adhäſion des Waſſers an die Wandungen der Pumpenſtöcke vernachläßigt. Beim Herabgehen iſt bloß die Reibung des Embolus und der Widerſtand des durch das obere Ventil dringenden Waſſers zu überwinden, welche jedoch bei hohen Pumpenſtöcken durch das Gewicht des Embolus und hauptſächlich der Kolbenſtange bei weitem überwogen werden. Bei gemeinen Pumpbrunnen vernachläßigt man dieſe Ungleichheit der beim Aufgange und Niedergange des Kolbens erforderlichen Kraftäußerung, ſollen die Pumpen aber insbeſondere durch Maſchinen mit ſtets gleichbleibendem Kraftaufwande betrieben werden, ſo wird zum Heben ein Hülfsgewicht, meiſtens ein Kaſten mit Steinen, angewandt, deſſen Gewicht die Hälfte der zu hebenden Laſt beträgt, ſo daß bei ungefähr gleicher Reibung beim Auf- und Niedergange des Kolbens ſtets die Hälfte der ganzen zu wältigenden Laſt überwunden wird. Indem aber endlich die erforderliche Kraft dem Flächeninhalte des Querſchnitts durch die Axe des Embolus multiplicirt mit der Höhe der zu hebenden Waſſerſäule proportional iſt und mit Rückſicht auf die aufzuwendende Zeit mit der Höhe, bis wohin der Embolus gehoben wird, und der Zahl der Hebungen in einem gegebenen Zeitraume wächſt, die Menge des gehobenen Waſſers aber gleichfalls dem Flächeninhalte jenes Querſchnitts, deßgleichen der Höhe und Anzahl der Hube in einer gegebnen Zeit proportional iſt, ſo folgt, daß bei gleichen Hebungshöhen die Menge des geförderten Waſſers dem erforderlichen Kraftaufwande proportional ſein muß und, wenn dieſes nicht ſtattfindet, eine fehlerhafte Conſtruction der Maſchinentheile als Urſache hiervon erſcheinen kann.

Die **Waſſerſäulenmaſchine** wird durch den Druck einer Waſſerſäule in Bewegung geſetzt, und kann daher nur da angelegt werden, wo hinreichendes Waſſer von hinlänglich ſtarkem Gefälle vorhanden iſt. Man bedient ſich derſelben vorzugsweiſe in Bergwerken. In Fig. 425. iſt das Weſentliche dieſer Maſchine dargeſtellt. Die verticale Fallröhre A führt vermittels einer gekrümmten Communicationsröhre B das von der Höhe herabfallende Oberwaſſer dem Stiefel C unterhalb des Kolbens zu. Dieſer Druck hebt den maſſiven Kolben in die Höhe, welcher oberhalb mit einer Zugſtange K in Verbindung ſteht. Von unten iſt die Schachtſtange D befeſtigt, welche mit den übrigen Schachtſtangen und Kolben in den in der Tiefe liegenden Pumpen zuſammenhängt. Dieſe Stangen und Kolben ziehen, vermöge ihrer be-

deutenden Schwere, den Kolben N herab und das Fallwaſſer würde nicht vermögend ſein, denſelben zu heben, wenn nicht die Zugſtange K vermittels einer eiſernen Kette mit dem Balancier M in Verbindung wäre, der am Ende ſeines längeren Arms ſo belaſtet iſt, daß er der herabziehenden Laſt beinahe das Gleichgewicht zu halten vermag. Das Fallwaſſer braucht demnach nur eine geringe Kraft zu äußern, um den Kolben zu heben. Sobald dieſes Druckwaſſer weggeſchafft iſt, ſinkt der Kolben von ſelbſt wieder herab. — Zuvörderſt iſt nun zu bemerken, daß der Durchgang der Stange durch den Boden und Deckel des Stiefels ſo eingerichtet ſein muß, daß bei dieſer Bewegung der Luft kein Eingang in den Stiefel geſtattet werde. — Ferner iſt die Vorkehrung getroffen, daß die Zugkette ſich, während der Bewegung des Balanciers auf das Bogenſtück L, deſſen Mittelpunkt in dem Bewegungspunkt O liegt, auf- und wieder abwickelt. Hierdurch wird bewirkt, daß die Zugſtange K bei ihrer Bewegung die verticale Richtung nicht verläßt. Denn es iſt einleuchtend, daß die Kette in jeder Lage des Balanciers eine Tangente des erwähnten Bogens bildet, deren Berührungspunkt immer derjenige iſt, bei welchem die Kette aus ihrer Krümmung in die gerade Linie übergeht. Zieht man von dieſem Punkte aus den Radius, ſo wird dieſer jederzeit rechtwinklich auf der Richtung der Stange ſein. Dieſe Richtung wird demnach jederzeit gleich weit von dem Bewegungspunkte O entfernt bleiben. — Was endlich die Fortſchaffung des Waſſers unter dem Kolben nach ſeinem jedesmaligen Aufgang betrifft, ſo wird dieſes durch den bei H befindlichen Kreuzhahn bewirkt. Dieſer eigenthümlich conſtruirte Hahn hat einen doppelten Zweck. Einmal ſoll er, wenn er geöffnet wird, dem Waſſer unter dem Kolben den nöthigen Raum zum Ausfluß verſchaffen, zweitens: den Zufluß des Waſſers aus der Fallröhre nach dem Stiefel abſperren. Beide Functionen muß aber dieſer Hahn durch eine und dieſelbe Wendung gleichzeitig verrichten. Zu dieſem Behufe iſt bei H eine nach unten zu kegelförmig gedrehete Hülſe mittels ihrer beiden kurzen Anſatzröhren a und b zwiſchen dem Stiefel und dem Fallrohre befeſtigt. Dieſe Hülſe iſt in Fig. 426. im Grundriß dargeſtellt. Hier erblickt man außer den beiden Anſatzröhren a und b, mittels welcher ſie mit den Röhren C und A zuſammen hängen, auch noch die dritte kurze Anſatzröhre c, die mit dem Ausgußrohr verbunden iſt. Das Ausgußrohr I iſt auch in Fig. 425. zu ſehen, wo es hinter der Hülſe nach unten hervorragt. In die Hülſe paßt ein luftdicht eingeriebener kegelförmiger Hahn, von welchem D die Anſicht und E der Durchſchnitt von oben angeſehen iſt. Derſelbe iſt zweimal durchlocht, und zwar geht die cylinderförmige Oeffnung d durch die ganze Dicke des Hahns, die Oeffnung c aber, von derſelben Weite, iſt nur zur Hälfte durchgebohrt. Dieſe Oeffnungen ſind übrigens genau ſo weit wie die Röhren A, C und I. Denkt man ſich nun den Hahn in die Hülſe geſteckt, ſo begreift man leicht, daß wenn ſolcher ſo umgedreht wird, daß die durchgehende Oeffnung d genau auf die beiden Anſatzröhren a und b trifft, wie dies der Fall in No. II. iſt, ſo kann das Waſſer ungehindert aus der Fallröhre nach dem Stiefel fließen; dagegen iſt die Anſatzröhre c verſchloſſen und es kann kein

Waſſer in I abfließen. Wird nun aber der Hahn ſo gedreht, daß wie in No. I. die zur Hälfte durchbohrte Oeffnung e genau auf die Anſatzröhre a paßt, ſo wird auch die durchgehende Oeffnung d genau auf die Anſatzröhre c treffen und es wird das Waſſer aus C durch I abfließen können. Die Anſatzröhre b aber wird verſchloſſen ſein und es wird kein Waſſer aus A nach C fließen können. Die Maſchine iſt nun noch mit einer Vorrichtung verſehen, durch welche ſie ſelbſt den Gang des Hahnes regulirt. Von der Weiſe, in der ſolche Steuerungsapparate angebracht werden, iſt im Art. Dampfmaſchine geſprochen.

Die Spiralpumpe Fig. 427., welche 1746 von einem Zinngießer Wirz in Zürich erfunden worden, beſteht in einer ſchraubenförmig gewundenen Röhre von einer unbeſtimmten Anzahl von Windungen, welche durch kreuzweiſe Streben mit der Axe AB feſt verbunden iſt, und welche bei F offen iſt und bei B in ein Röhrenſtück mündet, das mit der Axe AB feſt verbunden iſt. DCE iſt die in DC ſenkrecht emporſteigende Ableitungs- oder Steigröhre, welche bei E mit einem Falz über das Röhrenſtück BE übergreift, ſo daß dieſes in der Mündung der Steigröhre ſich umdrehen kann, ohne daß Waſſer durch die Zuſammenfügung entweicht. Der ganze Apparat wird nun ſo in das Waſſer gebracht, daß die Axe AB in horizontaler Lage gegen den Waſſerſpiegel ſteht, an beiden Enden auf Lagern ruht und ſammt der ſpiralförmigen Röhre mittels der Kurbel über A umgedreht werden kann. Die Steigröhre wird in ſenkrechter Stellung befeſtigt, und die Umdrehung der Axe geſchieht in der vom Pfeil angegebenen Richtung. Wie ſich die Mündung bei F unter den Waſſerſpiegel ſenkt, ſchöpft ſie Waſſer, und damit dieſes beſſer geſchehe, iſt dieſe Mündung trichterförmig erweitert. Von der Theorie dieſer Maſchine gibt Sachs folgende Erklärung. Zur beſſern Ueberſicht ſollen die Erſcheinungen, die ſich bei der Bewegung der Spiralpumpe ergeben, zuvörderſt ſo betrachtet werden, als ob die Steigröhre nicht vorhanden, die kurze Röhre EB im Freien ausgemündet und alſo die Pumpe nicht tiefer in das Waſſer eingeſetzt wäre, als der Ausfluß aus dieſer Röhre es geſtattet. Wird nun die Umdrehung nach der Richtung des Pfeils begonnen, ſo tritt die Einmündung F unter Waſſer und ſchöpft ſo lange, bis ſie wieder austritt. Iſt dieſes geſchehen, ſo wird ein ſolcher Theil der Röhre mit Waſſer gefüllt ſein, als der Waſſerſpiegel von den Windungen abſchneidet. Wird die Umdrehung fortgeſetzt, bis der Trichter abermals den Waſſerſpiegel berührt, ſo konnte natürlicher Weiſe das Waſſer in der Röhre ſeine Stellung zum Waſſerſpiegel nicht verändern, ſondern die innere Röhrfläche mußte neben dem röhrförmigen Waſſerkörper hinweg gleiten, während dieſer mit ſeinen beiden Enden weder über noch unter den Waſſerſpiegel tritt, wie man ſich hiervon leicht bei jeder communicirenden Röhre, in welcher ſich Waſſer befindet, überzeugen kann, wenn man ſie ſo tief in Waſſer taucht, als der Waſſerſtand in den Schenkeln anzeigt. Dann man mag dieſe Röhre in eine Lage bringen, in welche man wolle, ohne ſie jedoch zu erhöhen oder zu erniedrigen; ſo wird ſich der erwähnte Waſſerſtand gegen den Waſſerſpiegel durchaus nicht verändern. — Nach der erſten Umdrehung wird alſo das ge-

ſchöpfte Waſſer in der erſten Windung bei ab ſtehen. Man ſieht leicht ein, daß bei einer zweiten Umdrehung daſſelbe Waſſer in der zweiten Windung bei cd und das nachfolgende Waſſer bei ab ſtehen wird, und daß bei fortgeſetzter Drehung endlich alle Windungen in gleicher Höhe mit Waſſer gefüllt ſein werden. In der letzten Windung wird es bei ef ſtehen. Geſchieht jetzt eine Umdrehung, ſo muß das Waſſer aus der letzten Windung in die Röhre EB treten und durch ſelbige ausfließen. Bei jeder nachmaligen Drehung wird immer dieſelbe Quantität Waſſer ausgeleert werden. — Die Unterſuchungen darüber, was ſich ergeben muß, wenn die Spiralpumpe ſo tief in das Waſſer geſetzt wird, daß die Röhre EB unter Waſſer ſteht, haben zwar, wenn keine Steigeröhre vorhanden iſt, gar keinen Nutzen, indem ein ſolcher Fall in der Praxis gar nicht vorkommen kann; ſie ſollen indeſſen dennoch zur Erklärung des Nachfolgenden hier angeſtellt werden. — Es wird in dieſem Falle das Waſſer ſogleich in die Röhre EB treten, und ſobald die Drehung mit einem Viertel der Windung begonnen hat, in die letzte Windung einfließen und ſich darin mit dem Waſſerſpiegel gleich ſtellen. Wird die Drehung fortgeſetzt, ſo muß das Waſſer wieder durch die Röhre EB ausfließen. Um ſich hiervon einen deutlichen Begriff zu machen, iſt in Fig. 428. die letzte Windung in der Anſicht dargeſtellt und iſt B die Queranſicht von der erwähnten kurzen Röhre. Iſt nun CD der Waſſerſpiegel, ſo muß nach geſchehener Drehung um ein Viertel der Windung, in Folge welcher der Arm ab, wenn ſolcher anfänglich lothrecht ſtand, parallel mit dem Waſſerſpiegel ſtehen wird, das Waſſer einfließen und in der Röhre bis zu dem Punkte C ſteigen. Wird die Drehung fortgeſetzt und man wollte annehmen, daß das Waſſer ſich mit bewegen und etwa um AC oberhalb CD ſtehen könnte, ſo würde das dem Grundgeſetz der communicirenden Röhre widerſprechen, nach welchem das Waſſer in dem einen Schenkel nicht um AC höher ſtehen kann als im andern, da auf beiden ein gleicher Druck der Atmoſphäre wirkſam iſt. Das Waſſer wird alſo gänzlich auf demſelben Wege, auf dem es hergekommen iſt, auch wieder zurückfließen müſſen. — Während der Zeit nun, daß dieſe Erſcheinungen beim Ausfluß der Spiralpumpe Statt finden, dringt das Waſſer nach und nach durch die Einmündung in die Pumpe. Da indeſſen die Luft in derſelben nirgends ausweichen kann, ſo wird ſie, in Folge des immer neu hinzukommenden Waſſers durch die Einmündung, zuſammen gepreßt werden und es fragt ſich, welche Wirkung hierdurch hervorgebracht werden muß? — Betrachtet man aber die erſte Windung, welche in Fig. 429. in der Anſicht dargeſtellt iſt, und zwar in dem Moment, wo der Trichter A zum zweiten Mal den Waſſerſpiegel berührt und eben eintauchen will; ſo wird man ſich leicht überzeugen, daß die zwiſchen den beiden Windungen abgeſperrte Luft auf das in die erſte Windung bereits eingefloſſene Waſſer eine Rückwirkung ausüben muß, vermöge welcher ſelbiges nicht das Niveau von CD erreichen kann, ſondern ſchon früher eine Stellung, wie etwa FE annehmen wird. In dieſer Stellung drückt, nach dem Geſetze von der communicirenden Röhre, die Waſſerſäule BF in der Richtung des Pfeils gegen die eingeſperrte Luft. Erwägt man

nun, daß bei fortgeſetzter Umdrehung der Pumpe in den übrigen Windungen ebenfalls dergleichen drückende Waſſerſäulen entſtehen; ſo wird man einräumen müſſen, daß dieſer Geſammtdruck hinreicht, die Luft in der letzten Windung, ſo wie auch das etwa durch die Ausflußröhre EB Fig. 427. eingedrungene Waſſer, durch die letzte Windung heraus zu drängen und die abgeſperrt geweſene Luft zu zwingen, ſich in der Form von Luftblaſen nach dem Waſſerſpiegel zu begeben und über demſelben zu entweichen, auch kein weiteres Eindringen des Waſſers durch EB zu geſtatten. — Hieraus ergiebt ſich alſo klar, daß bei dieſer hier vorausgeſetzten Einſenkung die Spiralpumpe, obgleich ſich ihre Ausmündung unter Waſſer befindet, dennoch in Folge der Umdrehung eine fortgeſetzte Circulation des Waſſers zu unterhalten vermögend iſt. — Es bleibt nun noch der Fall zu betrachten übrig, wenn die Spiralpumpe ſich in horizontaler Stellung gänzlich unter Waſſer getaucht befindet. Dieſer Fall iſt ſehr einfach und bietet durchaus keine Schwierigkeit dar, ſobald man ſich nur erſt überhaupt einen richtigen Begriff von der Abſperrung der Luft mittels des Waſſers verſchafft hat. — Befindet ſich in einem verſchloſſenen Gefäße Luft und Waſſer, ſo wird die Luft in allen möglichen Stellungen, die man dem Gefäße gibt, jederzeit über dem Waſſer bleiben. So lange ſich alſo das Waſſer unterhalb der Luft befindet, iſt die Luft abgeſperrt und kann nicht durch das Waſſer entweichen. Wird aber die Luft in eine Lage gebracht, daß ſie ſich unterhalb des Waſſers befindet, ſo wird ſie augenblicklich in der Form von Luftblaſen innerhalb des Waſſers in die Höhe ſteigen und entweichen. Taucht man daher z. B. ein leeres Trinkglas mit ſeiner Mündung nach unten in ein Gefäß mit Waſſer unter, ſo wird die Luft, ſo lange das Glas in der umgekehrten Stellung erhalten wird, innerhalb deſſelben durch das darunter befindliche Waſſer abgeſperrt ſein und dieſes Waſſer wird zwar, nach Verhältniß ſeiner Druckhöhe, die Luft im Glaſe um mehr oder weniger zuſammenpreſſen, aber niemals im Stande ſein, den Raum des Glaſes auszufüllen. Kehrt man jetzt das Glas, ohne es aus dem Waſſer herauszubringen, dergeſtalt um, daß die Mündung nach oben kommt; ſo wird zwar noch immer die Luft im Glaſe von der Atmoſphäre durch das Waſſer getrennt ſein, da ſie ſich aber unterhalb des Waſſers befindet, ſo wird ſie durch daſſelbe in der Form von Luftblaſen ſogleich in die Höhe ſteigen und entweichen. — Stellt man ſich daher in Fig. 430. eine ſchlangenförmig gekrümmte Röhre abcdef vor, deren Schenkel alle in einer Verticalebene liegen, und von welchen ſich a, b und c innerhalb eines mit Waſſer angefüllten Gefäßes A unterm Waſſerſpiegel, die Schenkel d, e und f aber außerhalb deſſelben befinden, bei der Vorausſetzung, daß die Ein- und Ausmündungen nach oben gekehrt ſind; ſo bedarf es keiner Erläuterung, daß das Waſſer in den Schenkel a treten und von da aus ſich in alle übrige Schenkel begeben wird, indem es die Luft vor ſich her verdrängt, welche ihrerſeits durch die Ausmündung entweicht. Dieſelbe Erſcheinung wird ſich ergeben, wenn dieſe Schlangenröhre eine umgekehrte Lage hat, ſo daß die Ein- und Ausmündungen nach unten zu gekehrt ſind, und wird alsdann auch ſelbſt darin kein Unterſchied Statt finden, daß das Waſſer jetzt mit ei-

ner größern Geſchwindigkeit als vorher in den erſten Schenkel treten wird; weil hier die Einmündung um die Länge dieſes Schenkels a tiefer liegt und das einfließende Waſſer alſo eine größere Druckhöhe hat. Denn man muß erwägen, daß hier das Waſſer in dem erſten Schenkel herauf ſteigt, dort aber in demſelben herabfällt, und daß alſo die Geſchwindigkeit in beiden Fällen gleich groß iſt. — Setzt man ferner den Fall, daß eine ſo gekrümmte Röhre mit allen ihren Schenkeln dergeſtalt unter Waſſer getaucht iſt, daß die Ein- und Ausmündungen, welche nach oben gekehrt ſind, ebenfalls unter Waſſer ſtehen; ſo wird das Waſſer in die beiden Schenkel a und f einfließen und die Luft aus denſelben wird durch das Waſſer entweichen. Da nun aber das Waſſer fortfährt, durch beide Mündungen einzufließen, ſo wird es in die Schenkel b und c einſteigen, und die darüber befindliche Luft nicht nur abſperren, ſondern zugleich auch ſo lange zuſammenpreſſen, bis ſie fähig iſt dem beiderſeitigen Waſſerdruck Widerſtand zu leiſten. Hat die Röhre eine ſolche Stellung, daß ſich ihre beiden Mündungen nach unten zugekehrt befinden, ſo wird ebenfalls in die beiden äußerſten Schenkel nur ſo viel Waſſer eindringen können, als die zuſammengepreßte Luft es geſtattet. — Wenn man nun mit dieſer Röhre eine drehende Bewegung unter Waſſer vornimmt, ſo daß die beiden Mündungen abwechſelnd bald nach oben bald nach unten zu liegen kommen; ſo wird ein ganz anderes Ergebniß zum Vorſchein kommen, als es im Zuſtande der Ruhe der Fall war. Geſetzt es befände ſich eine Röhre mit vier Schenkeln a, b, c und d Fig. 431. deren Mündungen nach oben gekehrt ſind, im Gefäße A unter Waſſer. Das Waſſer ſei in die beiden äußerſten Schenkel eingefloſſen und habe die Luft, wie die Figur anzeigt, in den beiden Schenkeln b und c nach oben zuſammengepreßt. Wird nun die Röhre unter Waſſer ſo weit umgedreht, daß ihre Mündungen, wie im Gefäße B zu erſehen iſt, nach unten zugekehrt ſind; ſo wird die eingeſchloſſene Luft nicht unter dem Waſſer ſtehen bleiben können, ſondern ſie wird ſich in zwei Hälften trennen, durch das Waſſer in die Schenkel b und c ſteigen und daſelbſt, wie die Figur es angibt, die höchſte Stelle einnehmen. Geſchieht jetzt eine abermalige Umdrehung und kommen die Mündungen, wie im Gefäße C, wieder nach oben zu ſtehen, ſo können die beiden Lufträume nicht unter Waſſer bleiben, ſondern werden ſich, wie vorher, jeder in zwei Hälften trennen, von welchen die beiden innern Hälften durch das Waſſer in die Schenkeln b und c ſteigen, und ſich auf derſelben Stelle vereinigen, welche die Luft im Gefäße A eingenommen hatte, die beiden äußern Hälften aber ſteigen durch das Waſſer in den Röhren a und b und entweichen. Hieraus ergiebt ſich alſo, daß bei einer einmaligen vollen Umdrehung das Viertel der eingeſperrt geweſenen Luft herausgeſchafft worden und an deren Stelle ſo viel Waſſer eingedrungen iſt. Man ſieht demnach leicht ein, wie durch fortgeſetztes Drehen immer das Viertel der zurückgebliebenen Luft entweicht, und wie endlich ſich die ganze Röhre mit Waſſer anfüllt, in welchem Falle alsdann zwiſchen dem Waſſer in der Röhre und dem äußern Waſſer in dem Gefäße Gleichgewicht eintritt und die Umdrehung der Röhre gar keine Bewegung des Waſ-

ſers in derſelben mehr hervorbringt. Auch wird es nicht ſchwer halten, ſich die Ausleerung der Luft zu verdeutlichen, wenn die Röhre mehr als vier Schenkel hat. — Nun iſt aber die Spiralpumpe keinen andern Geſetzen unterworfen, als die ſchlangenförmig gekrümmte Röhre. Denn ob die Schenkel gerade ſind und in einer einzigen Ebene liegen, oder ob ſie eine zirkelförmige Krümmung haben, und ſich in verſchiedenen Ebenen befinden, darauf kann es bei communicirenden Röhren, die hier zu Grunde liegen, gar nicht ankommen. Man kann daher behaupten, daß wenn die Spiralpumpe ohne Steigröhre ganz unter Waſſer getaucht wird, ſelbige bei ihren Umdrehungen ſich allmählig ganz mit Waſſer anfüllt, und alsdann gar keine weitere Bewegung des Waſſers innerhalb derſelben zu bewirken vermag. — Man ſieht alſo hieraus, daß die Spiralpumpe ohne Steigrohr für die Praxis von gar keinem Nutzen iſt, und daß ſie eigentlich nur erſt durch ihre Verbindung mit dem letztern in die Klaſſe der Waſſerhebemaſchinen tritt. Durch die aufgeſetzte Steigröhre tritt aber ein ganz anderes Verhältniß für die Waſſer- und Luftmaſſen in den Windungen ein. Denn bringt man die Pumpe ſo über Waſſer in einer horizontalen Lage an, daß ihre Axe beinahe den Waſſerſpiegel berührt und beginnt ſodann die Umdrehungen nach der Richtung des Pfeils; ſo werden ſich zuerſt die Windungen ebenſo mit Luft und Waſſer füllen, als wenn die Steigröhre nicht vorhanden wäre. — Tritt aber endlich das Waſſer in die Steigröhre, ſo iſt zuvörderſt zu bemerken, daß, obgleich in den Windungen die Waſſermaſſe mittels der dazwiſchen liegenden Lufträume von einander getrennt ſind, das Waſſer, ſobald es in die Steigröhre dringt, ſich doch ſogleich zu einer ununterbrochenen Maſſe vereinigt. Denn in den Windungen hält ſich die Luft oberhalb der Waſſermaſſen; in der Steigröhre kommt ſelbige aber unterhalb des Waſſers zu liegen, und entweicht alſo durch das Waſſer nach der Atmoſphäre. — Um nun zu unterſuchen, auf welche Art hier das Waſſer zum Steigen gebracht werden kann, ſo erwäge man, daß ein wirkliches Steigen deſſelben nur alsdann möglich wird, wenn das Waſſer in den Windungen fähig iſt, dieſer ſich immer mehr erhebenden Waſſerſäule in der Steigröhre das Gleichgewicht zu halten. Denn entgegengeſetzten Falles würde das Waſſer in der Steigröhre fallen und das Waſſer aus den Windungen verdrängen müſſen. Nimmt man nun an, daß das Waſſer in den Windungen einen mit dem Waſſerſpiegel gleichen Stand habe, d. h. daß es zu beiden Seiten der Windungen gleich hoch ſteht, ſo können dieſe Waſſermaſſen, welche ſich durchweg in jeder Windung das Gleichgewicht halten, eben ſo wenig irgend einen Druck hervorbringen, als das Waſſer in der communicirenden Röhre, wenn ſich ſolches im Zuſtande der Ruhe befindet. — Dieſer Fall tritt aber niemals ein. Denn nachdem man die Maſchine in Bewegung geſetzt hat und die einzelnen Windungen ihre gleichen Portionen Waſſer aufgenommen haben, ſo wird bei fortgeſetzter Drehung das aufs Neue hinzukommende Waſſer die Luftſchichten zuſammenpreſſen, welche ihrerſeits den erhaltenen Druck auf die einzelnen Waſſermaſſen fortpflanzen und ſolche aus ihren Stellungen verdrängen werden. Hierdurch wird aber offenbar das Gleichgewicht derſelben aufgehoben, indem

ner größern Geſchwindigkeit als vorher in den erſten Schenkel treten wird; weil hier die Einmündung um die Länge dieſes Schenkels a tiefer liegt und das einfließende Waſſer alſo eine größere Druckhöhe hat. Denn man muß erwägen, daß hier das Waſſer in dem erſten Schenkel herauf ſteigt, dort aber in demſelben herabfällt, und daß alſo die Geſchwindigkeit in beiden Fällen gleich groß iſt. — Setzt man ferner den Fall, daß eine ſo gekrümmte Röhre mit allen ihren Schenkeln dergeſtalt unter Waſſer getaucht iſt, daß die Ein- und Ausmündungen, welche nach oben gekehrt ſind, ebenfalls unter Waſſer ſtehen; ſo wird das Waſſer in die beiden Schenkel a und f einfließen und die Luft aus denſelben wird durch das Waſſer entweichen. Da nun aber das Waſſer fortfährt, durch beide Mündungen einzufließen, ſo wird es in die Schenkel b und c einſteigen, und die darüber befindliche Luft nicht nur abſperren, ſondern zugleich auch ſo lange zuſammenpreſſen, bis ſie fähig iſt dem beiderſeitigen Waſſerdruck Widerſtand zu leiſten. Hat die Röhre eine ſolche Stellung, daß ſich ihre beiden Mündungen nach unten zugekehrt befinden, ſo wird ebenfalls in die beiden äußerſten Schenkel nur ſo viel Waſſer eindringen können, als die zuſammengepreßte Luft es geſtattet. — Wenn man nun mit dieſer Röhre eine drehende Bewegung unter Waſſer vornimmt, ſo daß die beiden Mündungen abwechſelnd bald nach oben bald nach unten zu liegen kommen; ſo wird ein ganz anderes Ergebniß zum Vorſchein kommen, als es im Zuſtande der Ruhe der Fall war. Geſetzt es befände ſich eine Röhre mit vier Schenkeln a, b, c und d Fig. 431. deren Mündungen nach oben gekehrt ſind, im Gefäße A unter Waſſer. Das Waſſer ſei in die beiden äußerſten Schenkel eingefloſſen und habe die Luft, wie die Figur anzeigt, in den beiden Schenkeln b und c nach oben zuſammengepreßt. Wird nun die Röhre unter Waſſer ſo weit umgedreht, daß ihre Mündungen, wie im Gefäße B zu erſehen iſt, nach unten zugekehrt ſind; ſo wird die eingeſchloſſene Luft nicht unter dem Waſſer ſtehen bleiben können, ſondern ſie wird ſich in zwei Hälften trennen, durch das Waſſer in die Schenkel b und c ſteigen und daſelbſt, wie die Figur es angibt, die höchſte Stelle einnehmen. Geſchieht jetzt eine abermalige Umdrehung und kommen die Mündungen, wie im Gefäße C, wieder nach oben zu ſtehen, ſo können die beiden Lufträume nicht unter Waſſer bleiben, ſondern werden ſich, wie vorher, jeder in zwei Hälften trennen, von welchen die beiden innern Hälften durch das Waſſer in die Schenkeln b und c ſteigen, und ſich auf derſelben Stelle vereinigen, welche die Luft im Gefäße A eingenommen hatte, die beiden äußern Hälften aber ſteigen durch das Waſſer in den Röhren a und b und entweichen. Hieraus ergiebt ſich alſo, daß bei einer einmaligen vollen Umdrehung das Viertel der eingeſperrt geweſenen Luft herausgeſchafft worden und an deren Stelle ſo viel Waſſer eingedrungen iſt. Man ſieht demnach leicht ein, wie durch fortgeſetztes Drehen immer das Viertel der zurückgebliebenen Luft entweicht, und wie endlich ſich die ganze Röhre mit Waſſer anfüllt, in welchem Falle alsdann zwiſchen dem Waſſer in der Röhre und dem äußern Waſſer in dem Gefäße Gleichgewicht eintritt und die Umdrehung der Röhre gar keine Bewegung des Waſ-

ſers in derſelben mehr hervorbringt. Auch wird es nicht ſchwer halten, ſich die Ausleerung der Luft zu verdeutlichen, wenn die Röhre mehr als vier Schenkel hat. — Nun iſt aber die Spiralpumpe keinen andern Geſetzen unterworfen, als die ſchlangenförmig gekrümmte Röhre. Denn ob die Schenkel gerade ſind und in einer einzigen Ebene liegen, oder ob ſie eine zirkelförmige Krümmung haben, und ſich in verſchiedenen Ebenen befinden, darauf kann es bei communicirenden Röhren, die hier zu Grunde liegen, gar nicht ankommen. Man kann daher behaupten, daß wenn die Spiralpumpe ohne Steigröhre ganz unter Waſſer getaucht wird, ſelbige bei ihren Umdrehungen ſich allmählig ganz mit Waſſer anfüllt, und alsdann gar keine weitere Bewegung des Waſſers innerhalb derſelben zu bewirken vermag. — Man ſieht alſo hieraus, daß die Spiralpumpe ohne Steigrohr für die Praxis von gar keinem Nutzen iſt, und daß ſie eigentlich nur erſt durch ihre Verbindung mit dem letztern in die Klaſſe der Waſſerhebemaſchinen tritt. Durch die aufgeſetzte Steigröhre tritt aber ein ganz anderes Verhältniß für die Waſſer- und Luftmaſſen in den Windungen ein. Denn bringt man die Pumpe ſo über Waſſer in einer horizontalen Lage an, daß ihre Axe beinahe den Waſſerſpiegel berührt und beginnt ſodann die Umdrehungen nach der Richtung des Pfeils; ſo werden ſich zuerſt die Windungen ebenſo mit Luft und Waſſer füllen, als wenn die Steigröhre nicht vorhanden wäre. — Tritt aber endlich das Waſſer in die Steigröhre, ſo iſt zuvörderſt zu bemerken, daß, obgleich in den Windungen die Waſſermaſſe mittels der dazwiſchen liegenden Lufträume von einander getrennt ſind, das Waſſer, ſobald es in die Steigröhre dringt, ſich doch ſogleich zu einer ununterbrochenen Maſſe vereinigt. Denn in den Windungen hält ſich die Luft oberhalb der Waſſermaſſen; in der Steigröhre kommt ſelbige aber unterhalb des Waſſers zu liegen, und entweicht alſo durch das Waſſer nach der Atmoſphäre. — Um nun zu unterſuchen, auf welche Art hier das Waſſer zum Steigen gebracht werden kann, ſo erwäge man, daß ein wirkliches Steigen deſſelben nur alsdann möglich wird, wenn das Waſſer in den Windungen fähig iſt, dieſer ſich immer mehr erhebenden Waſſerſäule in der Steigröhre das Gleichgewicht zu halten. Denn entgegengeſetzten Falles würde das Waſſer in der Steigröhre fallen und das Waſſer aus den Windungen verdrängen müſſen. Nimmt man nun an, daß das Waſſer in den Windungen einen mit dem Waſſerſpiegel gleichen Stand habe, d. h. daß es zu beiden Seiten der Windungen gleich hoch ſteht, ſo können dieſe Waſſermaſſen, welche ſich durchweg in jeder Windung das Gleichgewicht halten, eben ſo wenig irgend einen Druck hervorbringen, als das Waſſer in der communicirenden Röhre, wenn ſich ſolches im Zuſtande der Ruhe befindet. — Dieſer Fall tritt aber niemals ein. Denn nachdem man die Maſchine in Bewegung geſetzt hat und die einzelnen Windungen ihre gleichen Portionen Waſſer aufgenommen haben, ſo wird bei fortgeſetzter Drehung das aufs Neue hinzukommende Waſſer die Luftſchichten zuſammenpreſſen, welche ihrerſeits den erhaltenen Druck auf die einzelnen Waſſermaſſen fortpflanzen und ſolche aus ihren Stellungen verdrängen werden. Hierdurch wird aber offenbar das Gleichgewicht derſelben aufgehoben, indem

das Waſſer auf der einen Seite mehr oder weniger höher ſteigt als auf der andern. Dieſe Differenzen der Waſſerſtände machen nun eben ſo viel Waſſerſäulen aus, die vereint auf das Waſſer in der Steigröhre wirken. — Es verſteht ſich nun von ſelbſt, daß das Maximum der Höhe in der Steigröhre erreicht wird, wenn alle Windungen auf der einen Seite in ihrer ganzen Hälfte mit Waſſer und auf der andern Seite mit Luft angefüllt ſind, indem alsdann die Differenzen der Waſſerſtände möglichſt am größten ſind. — Dieſen höchſten Effect der Maſchine wird man jedoch niemals erreichen können. Denn hierzu gehört, daß man ſelbige zur Hälfte in das Waſſer eintaucht, damit bei jedem Umſchwunge ſo viel Waſſer geſchöpft werde, als nöthig iſt, eine halbe Windung anzufüllen. Nun aber wird die Luft in den Windungen, welche die Waſſermaſſen von einander trennt, von beiden Seiten, nämlich von der Druckhöhe in der Steigröhre und von der Einmündung her, in welche fortwährend mit einer gewiſſen Kraft neues Waſſer eingeſchöpft wird, zuſammengepreßt. Hierdurch werden die Lufträume kleiner und es wird demnach in die Maſchine mehr Waſſer eindringen, als die Hälfte ihres ganzen innern Raumes beträgt. Dieſer Waſſerüberfluß, welcher gezwungen iſt, ſich in einen Theil der Luftſeiten der Windungen zu begeben, wird die Differenz der Waſſerſtände verringern und auf dieſe Art dazu beitragen, den höchſten Grad des Effects zu ſchwächen. Setzt man die Spiralpumpe noch tiefer, als mit ihrer Hälfte in das Waſſer, ſo wird der Effect noch geringer ausfallen. Endlich wird die Maſchine aber allen Effect verlieren, wenn man ſie gänzlich in das Waſſer taucht, weil ſich alsdann die Windungen auf beiden Seiten mit Waſſer anfüllen und die Differenz der Waſſerſtände gänzlich verſchwindet. — Wenn ſich nun hieraus auch im Allgemeinen mit Beſtimmtheit die Regel abſtrahiren läßt, daß man, um den größtmöglichſten Effect der Maſchine zu erlangen, dieſelbe jederzeit um weniger als die Hälfte ihres Durchmeſſers eintauchen müſſe, ſo würde man doch nur unrichtige Reſultate erlangen, wenn man auf dieſe Unterſuchungen hin ein Kalkül gründen wollte, um ſpecielle Regeln für die Erreichung des größten Effects, oder für die Beſtimmung der Kraft, die in jedem beſondern Falle anzuwenden iſt u. ſ. w. zu erhalten. Denn bei einem ſolchen Kalkül muß immer vorausgeſetzt werden, daß das Verhältniß der Waſſer- und Luftmengen, welches in den Windungen obwaltet, während die Maſchine ſich im Zuſtande der Ruhe befindet, unverändert bleibe, wenn auch die Maſchine in Bewegung geſetzt wird. Dieſes iſt indeſſen keineswegs der Fall. Denn iſt das Waſſer aus der letzten Windung in die Steigröhre getreten, ſo wird die darauf folgende Luftſäule nicht etwa auch mit dem ihr beiwohnenden Grad der Ausdehnung in dieſe Röhre ſteigen und auf dieſe Art die nachrückende Waſſerſäule aus der vorletzten Windung in der früherhin Statt gehabten Entfernung von der letzten Waſſerſäule zurückhalten; ſondern dieſe Luftſäule wird, ſobald ſie unterhalb des Waſſers in die Steigröhre gelangt, ſogleich durch daſſelbe emporſteigen und entweichen. In demſelben Augenblicke wird ſich die Waſſerſäule aus dem vorletzten Gewinde mit vermehrter Geſchwindigkeit, weil durch die entweichende Luft das

bis jetzt beſtandene Gleichgewicht geſtört wird, nachſtürzen, und ſo das Waſſer und die Luft in den übrigen Windungen ebenfalls aus dem Zuſtande des Gleichgewichts bringen. Es werden ſich alſo bei der Bewegung ganz andere Erſcheinungen darbieten, welche mit dem Kalkül durchaus im Widerſpruch ſtehen dürften. — Ferner iſt hier auch noch der Grad der Geſchwindigkeit, mit welcher die Spiralpumpe gedreht wird, auf die Veränderung in der Stellung der Waſſer- und Luftſäulen bei dem jedesmaligen Austritt der letzten Waſſerſäule von Einfluß.

Die Archimediſche Waſſerſchnecke kann wie die Waſſerſchraube (ſ. d. Folg.) nur zur Hebung auf kleine Höhen von einigen Fuß benutzt werden. Sie iſt nichts anderes als eine Spiralpumpe ohne Steigröhre, deren Axe nicht parallel mit dem Waſſerſpiegel eingeſenkt wird, ſondern ſo, daß ſie mit dem Spiegel des Waſſers einen ſpitzen Winkel macht. Ihr Erfinder ſoll der griech. Mathematiker Archimedes (287—212 v. Chr.) geweſen ſein, doch behaupten Einige, daß ſich ſchon die alten Aegypter dieſer Maſchine bedient haben ſollen, um die vom Nil überſchwemmten Felder nach dem Zurücktreten des Flußes in ſeine Ufer von dem zurückgebliebenen Waſſer zu befreien. Sachs gibt nachſtehende Erklärung ihrer Wirkſamkeit. Man kann ſich eine jede ſchlangenförmige Röhre ſo vorſtellen, als wäre ſie um den Mantel eines geraden Cylinders gewunden. Es ſei daher ABCD Fig. 432. ein ſolcher Cylinder mit der Schlangenröhre, die in E ihre Ein- und in F ihre Ausmündung hat. Die Windungen derſelben können entweder weitläuftig von einander, oder enge zuſammen angelegt ſein. Die Beſtimmung ihrer Lage ergibt ſich, wenn man ſich den Cylinder ABCD nach ſeiner Länge in deſſen Axe durchſchnitten denkt und ſich auf der Durchſchnittfläche die Linien Eb, bc, cd, u. ſ. w. dergeſtalt gezeichnet vorſtellt, daß die von ihnen eingeſchloſſenen Winkel α, β, γ u. ſ. w. eine gleiche Größe haben. Man kann ſie die Windungswinkel nennen. In gegenwärtiger Figur iſt dieſer Winkel ein rechter. — Setzt man nun die Schnecke dergeſtalt in das auszuſchöpfende Waſſer ein, daß die Einmündung E ſich genau im Waſſerſpiegel GH befindet, ſo kommt es darauf an, welchen Winkel die Maſchine mit dieſem Spiegel bildet. Hier iſt angenommen, daß der Winkel δ ein halbrechter ſei. Beginnt man nun die Drehung der Schnecke nach der Richtung des Pfeils, ſo wird ſich die Einmündung über den Waſſerſpiegel erheben und auf der andern Seite in das Waſſer tauchen. Befindet ſich ſodann wieder, bei der vollendeten einmaligen Umdrehung, die Einmündung bei dem Punkt E des Waſſerſpiegels, ſo wird vermöge des Geſetzes der communicirenden Röhre das Bogenſtück Eb mit Waſſer angefüllt ſein. Man ſieht alſo hieraus, daß die Größe dieſes waſſerhaltenden Bogens von dem Winkel δ abhängt und mit demſelben im umgekehrten Verhältniß ſteht d. h. je kleiner oder größer δ iſt, je größer oder kleiner iſt der waſſerhaltende Bogen in der erſten Windung. Nun ſteht aber auch die Höhe, bis auf welche das Waſſer durch die Schnecke gehoben werden ſoll, im geraden Verhältniß mit dem Winkel δ, indem dieſe Höhe größer oder geringer wird, je nachdem δ zu- oder abnimmt. Es ergibt ſich alſo zugleich, daß man um eben ſo viel an Höhe verliert, als

man in der erſten Windung am Waſſer gewinnt, und eben ſo umgekehrt. — Es iſt nöthig, bei der Betrachtung über den erſten waſſerhaltenden Bogen noch ein wenig zu verweilen, weil von demſelben allein, wie ſich bald zeigen wird, die Menge des Waſſers, welche ſich bei jeder Umdrehung ergießt, abhängt. Man überzeugt ſich leicht, daß man für einen und denſelben Winkel δ den größten Waſſerausfluß erhält, wenn das Zapfenlager des untern Wellzapfens eine ſolche Stellung im Waſſer erhält, daß die Grundfläche des Cylinders von dem Waſſerſpiegel durch ihren Mittelpunkt geſchnitten wird. Oder wenn man wenigſtens nicht weniger als genau die Hälfte dieſer Grundfläche unter Waſſer ſtehen läßt. Denn befindet ſich z. B. der Waſſerſpiegel IK unterhalb des Mittelpunkts der erwähnten Grundfläche, ſo kann der waſſerhaltende Bogen nichts größer als fg ſein, weil nach einmaliger Umdrehung die erſte Windung ſchon um den Theil Eg über dem Waſſerſpiegel hervorragt, und daher kein Waſſer enthalten kann. Wird nun angenommen, wie nachher gleich erwieſen werden ſoll, daß bei der zweiten Umdrehung das Waſſer aus der erſten Windung nach der zweiten geſtiegen, und daß, wenn die Schnecke n Windungen hat, daſſelbe Waſſer nach n Umdrehungen bis zur letzten Windung ſich erhoben hat und daſelbſt ausfließt; ſo iſt erwieſen, daß in dieſem Falle weniger ausfließt, als wenn der waſſerhaltende Bogen in der erſten Windung Eb geweſen wäre. — Setzt man dagegen die Schnecke ſo tief in das Waſſer, daß der Waſſerſpiegel LM höher ſteht, als der Mittelpunkt der erwähnten Grundfläche, ſo wird zwar nach der einmaligen Umdrehung, in Folge des hydroſtatiſchen Gleichgewichts, der waſſerhaltende Bogen in der erſten Windung um den Theil bk größer ſein, als es der Fall iſt, wenn der Waſſerſpiegel GH durch den Mittelpunkt der Grundfläche geht, hebt man aber die Maſchine in dieſem Zuſtande und ohne die Neigung derſelben gegen den Horizont zu verändern, aus dem Waſſer heraus, ſo wird ſogleich ſoviel aus der Einmündung E abfließen, als in bk enthalten iſt und es wird nur der waſſerhaltende Bogen Eb zurückbleiben. Da nun nach der zweiten Umdrehung daſſelbe Waſſer und in der nämlichen Lage, wie in der erſten Windung, ſich nunmehr in der zweiten Windung befinden muß, ſo wird, weil die Schlangenlinie eine reguläre Curve iſt, die ſich in allen ihren Theilen ähnlich bleibt, woraus hervorgeht, daß alles, was von der erſten Windung gilt, auch gleichmäßig von allen übrigen Windungen gelten muß, die Waſſerſäule hl ſich nicht erhalten können, ſondern in die erſte Windung zurückfließen müſſen. Nun ſei km dieſes zurückgetretene Waſſer. Da ſolches aber über dem Waſſerſpiegel LM hervorragt, ſo wird es ſich auch hier nicht erhalten können und aus der Einmündung E abfließen. Es kann demnach auch im zweiten Falle nicht mehr Waſſer gehoben und zum Ausfluß gebracht werden, als der waſſerhaltende Bogen Eb beträgt. Ebenſo leuchtet es ein, daß dieſes Raiſonnement ſeine Anwendung finden müſſe, der Winkel δ mag kleiner oder größer als 45 Grad ſein. Nicht minder paſſen dieſe Schlüſſe, wenn der Windungswinkel größer oder kleiner als 90 Grad iſt, nur daß im erſtern Falle weniger Waſſer auf einer und derſelben Höhe bei einem und demſelben Nei-

gungswinkel δ und im letztern Falle mehr Waſſer gehoben werden kann. — Es ergeben ſich nun hieraus für die Schnecke folgende allgemeine Grundſätze: — Unter allen Umſtänden ergießt die Schnecke das meiſte Waſſer, wenn ſie mit ihrem untern Ende ſo im Waſſer liegt, daß der Waſſerſpiegel durch den Mittelpunkt ihrer Grundfläche geht. Je höher dieſer Mittelpunkt über dem Waſſerſpiegel liegt, deſto weniger Waſſer gibt die Maſchine. Durch das ſo tiefe Eintauchen derſelben, daß der Mittelpunkt unter Waſſer zu liegen kommt, wird an Waſſermenge nicht gewonnen. — Mit der Größe des Durchmeſſers des Cylinders und des Durchmeſſers der darauf gewundenen Röhre nimmt die Waſſermenge in geradem Verhältniſſe ab und zu. — Mit dem Neigungswinkel, den die Maſchine mit dem Horizont bildet, ſteht die ſich ergießende Waſſermenge im umgekehrten Verhältniß. — Deßgleichen ſteht dieſe Waſſermenge mit dem Windungswinkel im umgekehrten Verhältniß bei einem und demſelben Winkel δ. — Endlich iſt das Verhältniß der Höhe, bis zu welcher das Waſſer gehoben werden ſoll, zur Waſſermenge ein umgekehrtes. — Es bleibt nunmehr noch zu erläutern übrig, auf welche Art das Waſſer mittels der Umdrehung der Schnecke durch die Windungen in die Höhe zu ſteigen veranlaßt wird. — Zu dieſem Behufe denke man ſich das Bogenſtück CDEF, Fig. 433. einer kreisförmig gewundenen Röhre, welche zum Theil mit Waſſer angefüllt iſt, deſſen Waſſerſpiegel in der Horizontale EF liegt. AB ſei der Durchſchnitt einer ſchiefen Ebene, auf welcher die Röhre ſich befindet. Wird nun die Röhre auf dieſer Ebene aufwärts gerollt, ſo wird auf dem höchſten Standpunkte derſelben das darin befindliche Waſſer ſich immer noch in der Horizontale EF befinden. Hier hat ſich alſo das Waſſer keineswegs ſelbſt in die Höhe bewegt, ſondern es iſt von der heraufrollenden Röhre in die Höhe gehoben worden, während es ſeinerſeits nur ſeine Stellung innerhalb der Röhre verändert hat, weil ſich die Röhre fortwährend rückwärts erhoben hat und das Waſſer, vermöge ſeiner Schwere, nicht gleichzeitig mit ſteigen konnte. Ob übrigens das Röhrenſtück CDEF in einer Ebene liegt, oder blos dermaßen ſchlangenförmig gewunden iſt, daß die gegenwärtige Figur nur die Projection derſelben darſtellt, darauf kann es natürlicher Weiſe gar nicht ankommen, ſobald die Röhre während des Hinaufrollens ununterbrochen ſo gewendet wird, daß ſie die Linie AB nicht verlaſſen kann. Das Waſſer muß dieſelbe Erſcheinung darbieten, weil ſich in der Bewegung ſelbſt durchaus nichts verändert hat. — Es kommt nun darauf an zu beweiſen, daß es ſich bei der Schnecke ebenſo verhält und dieſelbe Veranlaſſung Statt findet, das Waſſer zum Steigen zu bringen. Betrachtet man nun die unterſte Seite BC des Cylinders Fig. 432. als den Durchſchnitt einer ſchiefen Ebene und denkt man ſich dieſe Linie, ſo wie auch die Schlangenlinie, welche die Lage der gewundenen Röhre verzeichnet, in eine unendliche Anzahl unendlich kleiner Theile eingetheilt; ſo wird man leicht erſehen, daß, indem der Cylinder um ſeine Axe gedreht wird, nach und nach alle Punkte der Schlangenröhre mit ihren Projectionen auf der ſchiefen Ebene, wie es der oberflächliche Augenſchein ſogleich ergibt, in Berührung kommen. Ein Mehres iſt

aber auch bei der Röhre in Fig. 433. nicht geſchehen. Während des Heraufrollens ſind nach und nach alle Punkte der Röhre mit allen Punkten der ſchiefen Ebene in Berührung gekommen. Die Ergebniſſe müſſen daher in beiden Fällen dieſelben ſein. — Das Waſſer macht alſo in der Schnecke für ſich ſelbſt keine ſteigende Bewegung, ſondern es wird durch die ſteigende Röhre gehoben, indem dieſelbe ſich fortwährend rückwärts erhebt, während das Waſſer ſeine niedrige Stellung nicht verlaſſen konnte. *)

---

*) Wenn der Durchmeſſer des Cylinders, der Durchmeſſer der darauf gewundenen Röhre, der Windungs- und Neigungswinkel, ſo wie auch der Stand des untern Theils der Maſchine im Waſſer und die Zahl der Umdrehungen in einer Secunde gegeben ſind; wie findet man die Waſſermenge, welche in einer Sec. gehoben nnd ausgegoſſen wird? — Auf die Anzahl der Windungen kann es hierbei nicht ankommen, denn ſobald die Maſchine ſo oft umgedreht worden, als die Anzahl der Windungen beträgt, ſo fließt doch nur bei jeder einzelnen Umdrehung nicht mehr und nicht weniger Waſſer aus, als in einer Windung enthalten iſt. Man braucht daher nur nach einem verjüngten Maßſtabe die erſte Windung hinzuzeichnen und die Horizontallinie unter dem gegebenen Neigungswinkel und in richtiger Lage gegen den Mittelpunkt der Grundfläche zu ziehen. Hieraus wird ſich die Länge des waſſerhaltenden Bogens abmeſſen und der körperliche Inhalt des darin befindlichen Waſſers berechnen laſſen. Multiplicirt man dieſes Reſultat mit der Anzahl der Umdrehungen in einer Secunde, ſo gibt das Product die geſuchte Waſſermenge. — Wenn zu den vorhergehenden Bedingungen auch noch die Anzahl der Windungen gegeben iſt; wie läßt ſich daraus die Kraft ermitteln, die erfordert wird, um die mit Waſſer gefüllte Röhre umzudrehen? — Daß hier die vorhandene Anzahl der Windungen angegeben worden, iſt in Hinſicht auf die dadurch vermehrte Länge der Schlangenröhre ebenſo wie vorher ganz überflüſſig, indem ſelbige, ſobald man nicht die Friction des Waſſers an den Wänden der Schlangenröhre berückſichtigt, auf die Größe der anzuwendenden Kraft von gar keinem Einfluß iſt. Denn wenn es auch in dem erſten Augenblick ſcheinen ſollte, als gäbe die Länge der zu einer geraden Linie rectificirten Schlangenlinie die Länge der ſchiefen Ebene an, welche das Waſſer zu paſſiren hat, um den Ausfluß in der Höhe zu erreichen; ſo iſt dieſes doch keineswegs der Fall, indem das Waſſer, obgleich alle Punkte der Windungen neben der Röhrenwand wegggleiten, in der Röhre durchaus nicht ſteigt. Man braucht nur den Fall zu ſetzen, daß die gekrümmte Röhre CDEF, Fig. 433. ihre Bewegung ſtatt auf der ſchiefen Ebene AB auf einer horizontalen Ebene vornehme, ſo wird das Waſſer in der Röhre ſich ganz genau ſo bewegen müſſen, wie vorher, ohne jedoch im geringſten geſtiegen zu ſein. Die Länge und Neigung der ſchiefen Ebene iſt daher bei der umwundenen Schlangenröhre keine andere, als die Länge und Neigung des Cylinders. — Dagegen iſt in Hinſicht der Waſſerlaſt die Anzahl der Windungen allerdings von Wichtigkeit. Denn je mehr Windungen die Schnecke hat, eine um ſo größere Waſſermenge befindet ſich immerfort auf

Die Ausführung der Waſſerſchnecke im Großen geſchieht nach der angegebenen Theorie. Indeß bedient man ſich nur ſelten einer ſpiralförmigen Röhre, denn dieſe müßte der Windungen wegen von Metall ausgeführt werden, welches nicht leicht auszuführen iſt und überdieß die Maſchine beſonders, wenn ſie große Dimenſionen haben ſoll, zu koſtbar machte. Man verfertigt daher dergleichen Schnecken gewöhnlich ganz von Holz, indem man auf der Oberfläche einer hölzernen Welle (Spindel) eine Spirallinie zeichnet (Fig. 434.). Nach dem Vorriß dieſer Linie befeſtigt man auf der Spindel ſchmale und dünne Spließe dergeſtalt dicht an einander, daß jedes einzelne Bretchen winkelrecht auf ihrer Axe ſteht. Etwa in derſelben Art, wie man die Stufen einer Wendeltreppe in ihre Spindel einſetzt, nur mit dem Unterſchiede, daß zwiſchen den Stufen kein Raum offen bleibt. Dieſe Breter werden in gleichen Entfernungen von der Spindel, concentriſch mit derſelben abgerundet, wodurch ſie die Geſtalt von Schraubengängen erhält. Das Ganze wird nun mit einem Mantel von dünnen Bretern umkleidet, der nur unten bei der Einmündung und oben bei der Ausmündung, zur Aufnahme und zum Ausguß des Waſſers, eine Oeffnung hat. Der Mantel wird außerhalb noch mit eiſernen Ringen umgeben, damit er ſehr dicht an die Stirne der Windungsbreter anſchließe und das Waſſer in den Windungen nicht durchlaſſe. Wird nun dieſe Maſchine mittels einer Kurbel um ihre Axe gedreht, ſo überzeugt man ſich leicht, daß hier dieſelben Bedingungen und Verhältniſſe obwalten müſſen, wie bei der Schlangenröhre. — Wegen dieſer tonnenartigen Bekleidung, die ſich bei der Drehung der Schnecke mit herum bewegt, nennt man dieſe Maſchine zuweilen auch **Tonnenmühle** und unterſcheidet ſie ſo von der **Waſſerſchraube**, welche in allen Stücken nach derſelben Conſtruction gebaut iſt, bei der aber die Bekleidung mit den Schraubengängen nicht verbunden iſt, daher denn auch während dieſe ſich dreht, jene unbeweglich bleibt. Daß hier übrigens weit mehr Waſſer verloren geht, als bei der Tonnenmühle, verſteht ſich von ſelbſt, weil die über die innere Fläche des feſtſtehenden Mantels weg ſich drehenden Windungen un-

---

der ſchiefen Ebene, die alſo einen verhältnißmäßig größern Druck zu erleiden hat, welchen zu überwinden eine größere Kraft erfordert, als wenn die Zahl der Windungen kleiner iſt. — Man berechnet demnach, wie vorher, den körperlichen Inhalt des waſſerhaltenden Bogens in der erſten Windung nach Kubikfußen, multiplicirt denſelben mit der Anzahl der Windungen und multiplicirt ferner dieſes Produkt mit 66. Dieſes letztere Product gibt das Gewicht des auf die ſchiefe Ebene drückenden Waſſers. Alsdann berechnet man die Kraft aus der gefundenen Laſt ebenſo, wie bei der ſchiefen Ebene (ſ. d. Art.), wo der Zug der Kraft parallel mit der Länge derſelben iſt und berückſichtigt hierbei zugleich den Umſtand, daß der Angriffspunkt der Kraft ſich, wie bei der Schraube (ſ. d. Art.) an einer Kurbel befindet; ſo wird man das Reſultat für die geſuchte Kraft, abgeſehen von der Friction des Waſſers in der Röhre, ſo genau als möglich und nöthig iſt erhalten.

möglich ſo dicht zuſammenſchließen können, wie dieſes bei der Tonnenmühle ſo leicht zu bewerkſtelligen iſt. — Dagegen bedarf die Waſſerſchraube nur um die untere Hälfte einer Bekleidung, welche man den Trog oder Kumm nennt, während man die obere Hälfte ganz offen laſſen kann. Denn aus dem Vorhergehenden ergibt ſich, daß bei der Schnecke höchſtens nur $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{3}$ einer jeden Windung, niemals aber die Hälfte mit Waſſer angefüllt ſein kann; indem hierzu erforderlich wäre, daß die Maſchine eine horizontale Lage habe. Bei der Tonnenmühle kann dagegen aus leicht begreiflichen Gründen von dieſem Umſtand kein Gebrauch gemacht werden und muß die Bekleidung ganz vollſtändig ſein.

Um bei einer Umdrehung der Maſchine eine größere Menge Waſſers auf einmal zu fördern, hat man auch doppelte und dreifache Schnecken, bei denen nicht eine Röhre, ſondern zwei und reſpective drei um die Axe geführt ſind.

Ein eigenes Princip, nämlich das der Schwungkraft iſt dasjenige, auf welchem die Saugſchwungmaſchine von Langsdorf beruht. Eine verticale Röhre AB, die ſich oben in zwei horizontale ein wenig gebogene Arme BC, BD endigt, iſt bei A Fig. 435. in die Waſſerfläche EF eingetaucht. Bei G iſt ſie mit einem Trilling umgeben, der mittels des Rades H in ſchnelle Drehungsbewegung geſetzt werden kann. Um die Maſchine in Thätigkeit zu ſetzen, wird die ganze Röhre, die bei A mit einem ſich oberwärts öffnenden Ventil verſehen iſt, von oben mit Waſſer gefüllt, und dann das Rad H gedreht und ſo auch die Röhre CBAD in ſchnelle Schwungbewegung geſetzt. Dieſer Schwung ertheilt den bei C und D liegenden Waſſertheilchen ein Beſtreben, ſich vom Mittelpunkte B zu entfernen, und das Waſſer fließt daher dort aus; weil aber der Druck der Atmoſphäre auf EF nicht geſtattet, daß irgendwo in der Röhre ein leerer Raum entſtehe und das geſammte Waſſer in BC ſich nach C, das geſammte Waſſer in BD ſich nach D drängt, ſo tritt immer neues Waſſer bei A in die Röhre, ſo daß vermöge dieſes Saugens bei A und des Schwunges in CD, fortwährend Waſſer gehoben nnd bei C, D ausgegoſſen wird. — Man kann alſo mit dieſer Maſchine, wie mit einer Saugpumpe, das Waſſer heben und aus dem Raume unter EF fortſchaffen.

Als einfache Waſſerhebemaſchinen ſind noch die Schaufel- und Paternoſterwerke zu erwähnen. In Fig. 436. iſt der Durchſchnitt eines Schaufelwerks vorgeſtellt. Es beſteht aus einem viereckigen 20 bis 30 Fuß langen hölzernen Kaſten, der ſeiner Länge nach mittels zweier Scheidewände AB und CD in drei Abtheilungen getheilt iſt, ſo daß die untere Abtheilung eine viereckige Röhre bildet, die oben und unten offen iſt. Die oberſte Abtheilung iſt dagegen eine viereckige Rinne, die ebenfalls oben und unten offen iſt. Ferner befinden ſich an den beiden Enden dieſes Kaſtens zwei gleiche Getriebe E und F, von welchen jedes 6 eiſerne Stöcke beſitzt. Um beide Getriebe ſind 2 eiſerne Ketten ohne Ende gelegt, von denen in der Zeichnung die hintere nicht ſichtbar iſt, indem ſie von der vordern verdeckt wird. Die Glieder dieſer Ketten ſind genau ſo lang, wie die Entfer-

nung der Triebſtöcke von einander. Hierdurch wird es möglich, daß ſich die Kette um das Getriebe auf- und abwickeln kann. Denn verfolgt man die Bewegung eines Gliedes von dem Augenblicke an, wo es mit ſeinem Gewinde den erſten Triebſtock berührt, bis zu dem Zeitpunkte, wo es denſelben Triebſtock verläßt, ſo ergiebt ſich, daß das Gewinde während der ganzen Zeit, daß es mit ſeinem Triebſtocke in Berührung bleibt, den zunächſt befindlichen beiden Kettengliedern die Lage gewährt, welche ſie bei jeder Stellung des Getriebes annehmen müſſen. Man ſieht zugleich auch, wie die Bewegung des einen Getriebes die des andern hervorbringt. — In der Mitte der Kettenglieder ſind die hölzernen Schaufeln winkelrecht auf den Gliedern befeſtigt. Sie paſſen mit ihren Unterkanten genau auf den Boden des Kaſtens oder auf den Boden der viereckigen Röhre. Nach oben und den Seiten zu haben ſie etwas Spielraum. — Beim Gebrauch erhält die Maſchine eine gegen den Horizont geneigte Lage, indem ſie mit ihrem Kopfende auf einem feſten Unterlager G ruht, und das Fußende mittels einer Kette, welche in dem Punkt H befeſtigt iſt, ſo tief in das Waſſer herabgelaſſen wird, daß der zweite und fünfte Triebſtock den Waſſerſpiegel berühren. Denn in dieſer Lage nimmt die aus dem Waſſer heraustretende Schaufel, wie aus der Figur deutlich zu erſehen iſt, nicht nur das Waſſer mit ihrer ganzen Oberfläche auf, ſondern es wird auch der Zwiſchenraum zwiſchen zwei zunächſt liegenden Schaufeln gerade mit ſo viel Waſſer angefüllt, als er zu faſſen vermag, ohne daß das Waſſer oberhalb der Schaufeln, woſelbſt, wie bereits erwähnt, ein Spielraum vorhanden iſt, zurückfließen kann. — Wird nun das obere Getriebe mittels einer Kurbel ſo in Bewegung geſetzt, daß die leeren ſo wie die vollen Schaufeln ſich nach den Richtungen der Pfeile bewegen; ſo muß das Waſſer oberhalb bei G ausfließen, welches daſelbſt in einer Rinne aufgefangen und nach einer beliebigen Stelle abgeführt werden kann. — Das Paternoſterwerk (Roſenkranzmühle) hat nur noch ein geſchichtliches Intereſſe, indem es in der Praxis wenig oder gar nicht mehr vorkommt. Es liegt dabei dieſelbe Idee, wie bei den Schaufelwerken zu Grunde, nur iſt ſie hier weit unvollkommener ausgeführt. Hier wird nämlich ebenfalls ein Seil ohne Ende über zwei Getriebe gelegt, welches ſtatt der Schaufeln mit Wülſten (ausgeſtopfte kugelförmige Kiſſen) in gleichen Entfernungen von einander verſehen iſt. Die eine Seite dieſes Seils ohne Ende geht durch eine verticalſtehende cylindriſche Röhre, während die andere Seite ſich ganz frei bewegt. Die Kugeln paſſen nur ſehr enge in der Röhre, nehmen daher bei ihrem Emporſteigen das Waſſer mit in die Höhe und gießen es oben aus. — Wiewohl nun hierdurch das Waſſer auf eine größere Höhe als bei den Schaufelwerken, wegen des verticalen Standes der Maſchine, gehoben werden kann; ſo findet doch hier ein ſo überaus hoher Grad von Reibung Statt, und iſt die Maſchine außer andern Unvollkommenheiten auch ſo vielen Reparaturen unterworfen, daß ſie, wie geſagt, gegenwärtig außer allem Gebrauch iſt. — Bringt man bei einer ſolchen Maſchine ſtatt der Wülſte, runde lederne Scheiben an, die genau in der cylindriſchen Röhre paſſen, ſo wird dieſe ebenfalls unvollkommene Waſ-

möglich ſo dicht zuſammenſchließen können, wie dieſes bei der Tonnenmühle ſo leicht zu bewerkſtelligen iſt. — Dagegen bedarf die Waſſerſchraube nur um die untere Hälfte einer Bekleidung, welche man den Trog oder Kumm nennt, während man die obere Hälfte ganz offen laſſen kann. Denn aus dem Vorhergehenden ergibt ſich, daß bei der Schnecke höchſtens nur $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{3}$ einer jeden Windung, niemals aber die Hälfte mit Waſſer angefüllt ſein kann; indem hierzu erforderlich wäre, daß die Maſchine eine horizontale Lage habe. Bei der Tonnenmühle kann dagegen aus leicht begreiflichen Gründen von dieſem Umſtand kein Gebrauch gemacht werden und muß die Bekleidung ganz vollſtändig ſein.

Um bei einer Umdrehung der Maſchine eine größere Menge Waſſers auf einmal zu fördern, hat man auch doppelte und dreifache Schnecken, bei denen nicht eine Röhre, ſondern zwei und reſpective drei um die Axe geführt ſind.

Ein eigenes Princip, nämlich das der Schwungkraft iſt dasjenige, auf welchem die Saugſchwungmaſchine von Langsdorf beruht. Eine verticale Röhre AB, die ſich oben in zwei horizontale ein wenig gebogene Arme BC, BD endigt, iſt bei A Fig. 435. in die Waſſerfläche EF eingetaucht. Bei G iſt ſie mit einem Trilling umgeben, der mittels des Rades H in ſchnelle Drehungsbewegung geſetzt werden kann. Um die Maſchine in Thätigkeit zu ſetzen, wird die ganze Röhre, die bei A mit einem ſich oberwärts öffnenden Ventil verſehen iſt, von oben mit Waſſer gefüllt, und dann das Rad H gedreht und ſo auch die Röhre CBAD in ſchnelle Schwungbewegung geſetzt. Dieſer Schwung ertheilt den bei C und D liegenden Waſſertheilchen ein Beſtreben, ſich vom Mittelpunkte B zu entfernen, und das Waſſer fließt daher dort aus; weil aber der Druck der Atmoſphäre auf EF nicht geſtattet, daß irgendwo in der Röhre ein leerer Raum entſtehe und das geſammte Waſſer in BC ſich nach C, das geſammte Waſſer in BD ſich nach D drängt, ſo tritt immer neues Waſſer bei A in die Röhre, ſo daß vermöge dieſes Saugens bei A und des Schwunges in CD, fortwährend Waſſer gehoben nnd bei C, D ausgegoſſen wird. — Man kann alſo mit dieſer Maſchine, wie mit einer Saugpumpe, das Waſſer heben und aus dem Raume unter EF fortſchaffen.

Als einfache Waſſerhebemaſchinen ſind noch die Schaufel- und Paternoſterwerke zu erwähnen. In Fig. 436. iſt der Durchſchnitt eines Schaufelwerks vorgeſtellt. Es beſteht aus einem viereckigen 20 bis 30 Fuß langen hölzernen Kaſten, der ſeiner Länge nach mittels zweier Scheidewände AB und CD in drei Abtheilungen getheilt iſt, ſo daß die untere Abtheilung eine viereckige Röhre bildet, die oben und unten offen iſt. Die oberſte Abtheilung iſt dagegen eine viereckige Rinne, die ebenfalls oben und unten offen iſt. Ferner befinden ſich an den beiden Enden dieſes Kaſtens zwei gleiche Getriebe E und F, von welchen jedes 6 eiſerne Stöcke beſitzt. Um beide Getriebe ſind 2 eiſerne Ketten ohne Ende gelegt, von denen in der Zeichnung die hintere nicht ſichtbar iſt, indem ſie von der vordern verdeckt wird. Die Glieder dieſer Ketten ſind genau ſo lang, wie die Entfer-

nung der Triebſtöcke von einander. Hierdurch wird es möglich, daß ſich die Kette um das Getriebe auf- und abwickeln kann. Denn verfolgt man die Bewegung eines Gliedes von dem Augenblicke an, wo es mit ſeinem Gewinde den erſten Triebſtock berührt, bis zu dem Zeitpunkte, wo es denſelben Triebſtock verläßt, ſo ergiebt ſich, daß das Gewinde während der ganzen Zeit, daß es mit ſeinem Triebſtocke in Berührung bleibt, den zunächſt befindlichen beiden Kettengliedern die Lage gewährt, welche ſie bei jeder Stellung des Getriebes annehmen müſſen. Man ſieht zugleich auch, wie die Bewegung des einen Getriebes die des andern hervorbringt. — In der Mitte der Kettenglieder ſind die hölzernen Schaufeln winkelrecht auf den Gliedern befeſtigt. Sie paſſen mit ihren Unterkanten genau auf den Boden des Kaſtens oder auf den Boden der viereckigen Röhre. Nach oben und den Seiten zu haben ſie etwas Spielraum. — Beim Gebrauch erhält die Maſchine eine gegen den Horizont geneigte Lage, indem ſie mit ihrem Kopfende auf einem feſten Unterlager G ruht, und das Fußende mittels einer Kette, welche in dem Punkt H befeſtigt iſt, ſo tief in das Waſſer herabgelaſſen wird, daß der zweite und fünfte Triebſtock den Waſſerſpiegel berühren. Denn in dieſer Lage nimmt die aus dem Waſſer heraustretende Schaufel, wie aus der Figur deutlich zu erſehen iſt, nicht nur das Waſſer mit ihrer ganzen Oberfläche auf, ſondern es wird auch der Zwiſchenraum zwiſchen zwei zunächſt liegenden Schaufeln gerade mit ſo viel Waſſer angefüllt, als er zu faſſen vermag, ohne daß das Waſſer oberhalb der Schaufeln, woſelbſt, wie bereits erwähnt, ein Spielraum vorhanden iſt, zurückfließen kann. — Wird nun das obere Getriebe mittels einer Kurbel ſo in Bewegung geſetzt, daß die leeren ſo wie die vollen Schaufeln ſich nach den Richtungen der Pfeile bewegen; ſo muß das Waſſer oberhalb bei G ausfließen, welches daſelbſt in einer Rinne aufgefangen und nach einer beliebigen Stelle abgeführt werden kann. — Das Paternoſterwerk (Roſenkranzmühle) hat nur noch ein geſchichtliches Intereſſe, indem es in der Praxis wenig oder gar nicht mehr vorkommt. Es liegt dabei dieſelbe Idee, wie bei den Schaufelwerken zu Grunde, nur iſt ſie hier weit unvollkommener ausgeführt. Hier wird nämlich ebenfalls ein Seil ohne Ende über zwei Getriebe gelegt, welches ſtatt der Schaufeln mit Wülſten (ausgeſtopfte kugelförmige Kiſſen) in gleichen Entfernungen von einander verſehen iſt. Die eine Seite dieſes Seils ohne Ende geht durch eine verticalſtehende cylindriſche Röhre, während die andere Seite ſich ganz frei bewegt. Die Kugeln paſſen nur ſehr enge in der Röhre, nehmen daher bei ihrem Emporſteigen das Waſſer mit in die Höhe und gießen es oben aus. — Wiewohl nun hierdurch das Waſſer auf eine größere Höhe als bei den Schaufelwerken, wegen des verticalen Standes der Maſchine, gehoben werden kann; ſo findet doch hier ein ſo überaus hoher Grad von Reibung Statt, und iſt die Maſchine außer andern Unvollkommenheiten auch ſo vielen Reparaturen unterworfen, daß ſie, wie geſagt, gegenwärtig außer allem Gebrauch iſt. — Bringt man bei einer ſolchen Maſchine ſtatt der Wülſte, runde lederne Scheiben an, die genau in der cylindriſchen Röhre paſſen, ſo wird dieſe ebenfalls unvollkommene Waſ-

ſerförderungsmaſchine eine Scheiben- oder Püſchelkunſt genannt. — Bei der ſogenannten Kaſtenkunſt, einer Waſſerförderungsmaſchine der Alten, die aber nicht minder heut zu Tage als unbrauchbar verworfen worden iſt, liegen zwei gewöhnliche eiſerne Ketten ohne Ende auf zwei ſechskantigen Walzen. An dieſen Ketten befinden ſich in gleichen Entfernungen von einander kleine Kaſten von Holz oder Eiſenblech, die genau ſo hoch ſind als jede der ſechs Seiten der erwähnten Walze breit iſt. Uebrigens iſt hier gar keine Röhre vorhanden und bewegen ſich ſowohl die vollen als leeren Kaſten ganz frei auf und ab. Auch hat die Maſchine eine verticale Stellung. Die obere Walze wird vermittels einer Kurbel umgedreht, die mit Waſſer gefüllten Kaſten legen ſich auf den Seiten der Walze um, gießen ihr Waſſer aus, fahren in umgekehrter Lage wieder zum Waſſer herunter u. ſ. w.

Es können noch als Waſſerhebeapparate nachfolgende in andern Artikeln behandelte Apparate betrachtet werden: Die Beraſche Seilmaſchine (ſ. d. Art. Adhäſion S. 28.), das Pumpenwerk mit elaſtiſchen Membranen (pompe des Prêtres, ſ. d. Art. Springbrunnen S. 583.), der Heronsball, der Heronsbrunnen (eb. S. 584 u. 585.), der Sprungkegel (ſ. d. Art.), der Stoßheber (ſ. d. Art.).

Waſſerhoſe, Waſſertrompete, Trombe, eines der merkwürdigſten und gewaltigſten Meteore, das eben ſowohl auf dem Lande (Landtrombe) als auf dem Meere vorkommt, und deſſen eigenthümliche Beſchaffenheit ſich am beſten aus der Mittheilung einiger Beobachtungen ergeben wird. Desmarquoy gibt von einer Trombe Nachricht, welche am 6. Juli 1822 mehre Communen in Pas de Calais verwüſtet hat. An dem genannten Tage um 1 Uhr 35 Min. Nachmittags mußten die Arbeiter in der Ebene von Oſſonval, einer Dorfſchaft, ſechs franz. M. weſtſüdweſtlich von Saint-Omer und 6 franz. M. ſüdweſtlich von Boulogne, ihr Tagewerk wegen der eintretenden Finſterniß und aus Furcht vor einem Unwetter, mit dem ſie bedroht waren, verlaſſen. Gewölk kam von verſchiedenen Punkten und ſammelte ſich ſchnell über der Ebene. Bald bildete es nur Eine Wolke, welche allein den ganzen Horizont bedeckte. Einen Augenblick nachher ſah man aus dieſer Wolke einen dicken Dunſt niederſteigen, welcher die bläuliche Farbe des brennenden Schwefels hatte; er bildete einen umgekehrten Kegel, deſſen Baſis (breiter Theil) ſich gegen die Wolke ſtützte. Der untere Theil des Kegels, welcher zur Erde herab kam, bildete bald, indem er ſich mit beträchtlicher Geſchwindigkeit drehte, eine ungefähr 30 Fuß lange, oblonge, von der Wolke abgelöſte Maſſe. Sie erhob ſich mit dem Toſen einer Bombe von großem Kaliber, welche zerplatzt, und hinterließ auf der Erde eine Vertiefung in Geſtalt eines kreisförmigen Baſſins von 20 bis 25 Fuß Umfang und 3 bis 4 Fuß Tiefe in der Mitte. Kaum hundert Schritt von dem Orte, von welchem ſie ausgegangen und von welchem ſie ſich von Weſt nach Oſt gerichtet hatte, überſprang die Trombe die Hecke eines Meierhofes, ſchlug eine Scheune nieder, und ertheilte dem Wohnſitz, welcher feſt gebaut

war, eine Erſchütterung, welche der Pachter mit einem Erdſtoß verglich. Beim Ueberſpringen der Hecke hatte ſie die Kronen der ſtärkſten Bäume zerriſſen und fortgenommen; 25 bis 30 Bäume waren nach verſchiedenen Richtungen niedergeſtreckt, ein Beweiß, daß ſich die Trombe auf ihrem Wege in drehender Bewegung befunden hatte. Andere waren emporgehoben worden und ſo wie mehre Baumkronen an den Gipfeln der höchſten (60 bis 70 F. hohen) Bäume hängen geblieben. Nach dieſen erſten Wirkungen durchlief die Trombe eine Entfernung von 2 franz. Meilen, ohne die Erde zu berühren, indem ſie gewaltige Baumäſte mit ſich fortführte, die ſie mit Getöſe rechts und links ausſpie. Angekommen auf der Höhe des Gehölzes von Fanquembergue, riß ſie aufs neue die Gipfel mehrer Eichen ab, die man mit ihr über das Dorf Vendome hingehen ſah, welches auf der Weſtſeite des Forſtes am Fuße des Hügels liegt. In dieſer Gemeinde richtete die Trombe weiter keine Verwüſtung an, als daß ſie auf einer Wieſe einen ſtarken Maulbeerfeigenbaum mit der Wurzel aufhob, und ihn in einer Entfernung von 600 F. erſt wieder fallen ließ. Indem ſie ihren Weg nach Art einer Geſchützkugel, welche gegen die Erde ſchlägt und zurückprallend ſich wieder erhebt, fortſetzte, kam die Trombe nach dem Dorfe Audinctun, wo ſie drei Häuſer abdeckte und mehre Bäume aufhob, unter andern 5 ſehr hohe Ulmen, welche alle 5 von einem Stock ausgingen. Beim Austritt aus dem Thale, in welchem dieſe letzten Dörfer liegen, erhob ſich die Trombe auf einen Berg, Capelle genannt. Mehre Landleute, die hier arbeiteten, ſahen mit Schrecken dieß außerordentliche Phänomen durch ihre Wohnungen gehen; ſie fürchteten bald für ſich ſelbſt, und hatten um der Gefahr zu entgehen, nur noch Zeit ſich niederzulegen, indem ſie ihre Ackerwerkzeuge umklammerten. Sie bemerkten verwundert, daß ihre Pferde niedergeſchlagen waren, aber nicht ſcheu wurden; ein Pflugſchaar (?) wurde ſo ſtark in die Erde geſchlagen, daß er der Anſtrengung dreier Pferde widerſtand, ſie bedienten ſich einer Hacke um ihn nicht zu zerbrechen. Von dieſen Arbeitern, welche auf dem Berge ſtanden, ſo daß ſie die Trombe ankommen ſehen und in ihrem Laufe verfolgen konnten, erfuhr Desmarquoy einiges über ihre Geſtalt, Größe und die Beſtandtheile, aus welchen ſie etwa zuſammengeſetzt ſein mochte. Die Geſtalt war oval, ihre Länge ſchien ungefähr 30 F. zu betragen, und ihr anderer Durchmeſſer mochte etwa 20 F. haben. Die Trombe drehte ſich auf ihrem Wege, ſo daß ſie nach und nach jede ihrer Seiten gegen jeden Punkt des Horizonts kehrte. Von Zeit zu Zeit gingen aus ihrem Innern Feuerkugeln aus, und oft auch Dampfkugeln, wie von Schwefeldampf. Die einen wie die andern warfen nach verſchiedenen Richtungen Aeſte aus, welche das Meteor von weit entfernten Punkten mit ſich fortgeriſſen hatte. Das Getöſe, welches daſſelbe bei ſeinem ſchnellen Gange machte, glich dem eines ſchweren Wagens, der im Galop auf einem gepflaſterten Wege gezogen wird. Man hörte jedesmal, wenn eine Kugel von Feuer oder Dampf erſchien, eine Exploſion gleich einem Flintenſchuß; der heftige es begleitende Wind miſchte ſich mit ſchreckhaftem Brauſen in dieſes Geräuſch. Nachdem die Trombe die Erde zerriſſen und alles mit ſich

forgeführt, was ihr an irgend einem Punkte Widerſtand geleiſtet, erhob ſie ſich über den Boden um in einer Entfernung von einer und zuweilen bis 2 Lieues neue Verwüſtungen anzurichten. Auf dieſe Weiſe verließ ſie den Berg Capelle und ging immer in derſelben Richtung nach dem Eine Lieue vom Berge entfernten Hernin=Saint=Julien, wo ſie verſchiedene Heuſchober und viele Bäume aufhob. Von dieſem Dorfe bis zu dem drei Lieues entfernten Witerneſtre richtete die Trombe keine bedeutende Verwüſtung an; man erkannte nur auf dem Berge, welcher Hernin von Etré Blanche trennt, eine Furche von 30 F. Breite, in welcher das Getreide zerſtört war, in einer Ausdehnung von 30 Morgen Landes auf dem Gipfel des Berges. Von da drang ſie in das Thal von Witerneſtre und Lambre. Von dem erſtgenannten Dorfe, welches aus 40 Wohnungen beſteht, blieben nur 8 unverletzt. Zweiunddreißig Häuſer mit ihren Scheunen wurden umgeſtürzt, eine ungeheure Anzahl Bäume niedergeſchmettert, zerriſſen und auf große Strecken fortgeführt. Man bemerkte zu Witerneſtre, daß die Giebel und Mauern der Häuſer in von innen nach außen divergirender Richtung niedergeworfen waren. Nicht geringer war das Unglück zu Lambre. Mehre Perſonen unterſchieden vollkommen den drehenden Gang des Meteores, ſeine ſchweſligbraune Farbe und den Mittelpunkt von glühendem Feuer, aus dem ruckweiſe bituminöſe Dämpfe hervorbrachen. Die Bäume, welche die Kirche umgaben, wurden zerbrochen und entwurzelt, die Mauer und das Dach der Pfarrwohnung aufgehoben und 18 Häuſer, die meiſt aus Backſteinen erbaut waren, am Grunde untergraben und ſo merkwürdig umgeſtürzt, daß die Mauern alle nach außen fielen. Ein glücklicher Umſtand mitten unter dieſen gewaltigen Zerſtörungen war, daß niemand dabei umkam, nicht einmal in den beiden zuletzt genannten Dörfern. Nur Ein Individuum zu Witerneſtre wurde durch einen Balken am Arme ſchwer verwundet. Nachdem die Trombe Lambre verlaſſen, theilte ſie ſich, ein Theil ging in die Lüfte auseinander; der andere, der nur einer durch einen heftigen nordweſtlichen Wind getriebenen Wolke glich, begab ſich über Lillers, ein Marktflecken drei Lieues von Lambre, wo er faſt 300 Bäume entwurzelte und zerbrach; darauf ging auch er auseinander. Um 3 Uhr war das Wetter ruhig, der Himmel faſt ganz frei, und der Donner, welcher ſich fortwährend an allen Punkten des Horizonts hatte hören laſſen, hörte zugleich mit der Trombe auf. Der folgende Abend und die folgende Nacht waren ſehr ſchön.

Eine andere Trombe, welche in der Umgegend von Trier am 25. Juni 1829 beobachtet wurde, beſchreibt Großmann. Gegen 2 Uhr Nachmittags zeigte ſich eine Meile unter Trier, in ONO. von Ruwer und Pfalzel, etwa 20° über dem Horizont, ein Phänomen, welches eine große Anzahl von Menſchen, die auswärts beſchäftigt waren, in Erſtaunen ſetzte, und eine halbe Stunde lang in unruhiger Erwartung erhielt. Der Himmel war nach dem Regen, der ſo eben gefallen war, noch bedeckt, als plötzlich mitten aus einer ſchwarzen Wolke, welche ſich von ON. erhob, eine leuchtende Maſſe in entgegengeſetzter Richtung ſich zu bewegen, und ſie gewaltſam zu zerreißen begann. Die Wolke nahm bald gegen die Höhe die Geſtalt eines Schornſteines an, aus welchem

ein grau weißer Rauch entwich, der in Zwiſchenräumen mit Flammenausbrüchen gemiſcht war, und der aus mehren Oeffnungen ſich mit ſolcher Gewalt erhob (wie ſich eine Anzahl der Augenzeugen ausdrückte), als wenn er mit großer Lebhaftigkeit aus mehren Blaſebälgen (Gebläſen) geblaſen worden wäre. Das Meteor war über den Weinbergen von Disburg und gegenüber von Ruwer angekommen, als in einiger Entfernung mehr ſüdlich auf dem rechten Ufer der Moſel plötzlich in Berührung mit dem Boden ein neues Meteor, wie mehren Beobachtern ſchien, auf ſchreckliche Weiſe erſchien; es zerſtreute Maſſen von Erdkohle, welche um einen Baum angehäuft waren, ſtürzte einen Arbeiter von einem Kalkofen und ſtürzte ſich quer durch die Moſel mit einem ſchrecklichen Krachen, wie wenn eine große Anzahl Steine gegen einander ſtießen. Das Waſſer ſchoß in einer hohen Säule auf. Dieſes letzte Meteor ging, immer auf der Erde mit demſelben Krachen hinrollend, von der Moſel durch die Felder von Falzel, indem es ſichtbare Spuren ſeines Weges im Zickzack durch die mit Feldfrüchten bedeckten Felder hinterließ. Ein Theil dieſer Feldfrüchte ward ganz zerſtört, ein anderer Theil umgelegt und zerſchlagen, das Uebrige fern in die Lüfte aufgehoben. Mehre Frauen, bei denen das Meteor vorüberging, fielen in Ohnmacht; andere, die weiter entfernt waren, verbargen ſich oder flohen ſchreiend: Alle Felder ſtehen in Feuer. Zwei Arbeiter, welche auf einen Baum geſtiegen waren, beobachteten das Meteor auf ſeinem ganzen Zuge, ein anderer hatte ſogar die Beſinnung und den Muth dem Meteor zu folgen, und dieß war bei einem gewöhnlichen Schritt leicht möglich. Aber in einem der Zickzacke, die es beſchrieb, hüllte ihn das Meteor plötzlich ein. Er fühlte ſich bald vorwärts gezogen, bald heftig gehoben, er ſtemmte ſich kräftig mit ſeinem Handwerkszeug gegen den Boden, aber er wurde dennoch rückwärts hingeworfen. Der Wirbel verließ ihn jedoch und ſetzte ſeinen Weg fort. Er erinnert ſich keines beſonderen Eindruckes, welcher Geruch oder Geſchmack getroffen hätte, ſondern nur eines betäubenden Geräuſches. Er verſichert, es hätte zwei Ströme gegeben, von denen der eine ſich ſchief erhoben und mit ſich die Stengel und Aehren und andere leichte Körper fortgeriſſen hätte, der andere aber eine entgegengeſetzte Richtung hatte. Der Weg, den ſich das Meteor durch die Felder gebahnt, hatte nach verſchiedenen Verhältniſſen 10 bis 18 Schritt Breite und eine Länge von 2100 Schritt. Seine Geſtalt war beinah koniſch, ſeine Farbe bald grauweiß oder gelb, bald dunkelbraun, ſehr oft feuerfarben. Das erſte Meteor war in der Luft über dieſem hier ungefähr in paralleler Richtung gegen Nord voraus; es bot während ungefähr 18 Minuten eine große Maſſe von grau weißer Farbe dar, welche zuweilen von der Flamme gerötheten Rauch auszuſtoßen ſchien, und welche in der Entfernung von ungefähr $\frac{1}{2}$ Lieue geſehen die Geſtalt einer Schlange von 140 Schritt Länge hatte, deren Kopf gegen NNO. gerichtet war, und deren Schwanz auf der entgegengeſetzten Seite lag. In 8 bis 10 Minuten hatte ſich der Schwanz ſchon geändert, indem er ſich ſenkte; im Augenblicke, wo er im Begriff ſtand, den Kopf zu berühren, verſchwand das ganze Phänomen und gleichzeitig auch das untere Meteor, ohne daß weder in dem

Theile, der ſich in der Luft befand, noch, wie ein Augenzeuge verſichert, in dem unteren Theile eine Exploſion ſtattfand; aber dann verbreitete ſich ein ſehr übelriechender Schwefelgeruch über das Feld weithin. Beinah gleichzeitig brach ein Unwetter über dem Gehölz aus, welches in NNW. von dem Orte lag, wo ſich das Meteor gezeigt hatte, und wurde von einem Hagel von ungewöhnlich großen Körnern begleitet. Während dieſer ganzen Zeit ſchien die Sonne nicht, wie die Mehrzahl der Beobachter verſichert; und es fand auch kein Wind ſtatt. Das obere Meteor wurde zu Gutweiler, Coſſel, Trier und an anderen Orten beobachtet; es ſchien von den Höhen des Hochwaldes herabgeſtiegen zu ſein. —

Ein Capitain Records von London, welcher im Jahre 1674 das Schiff the Bleſſing von 300 Tonnen und 16 Kanonen mit Ladung nach der Küſte von Guinea führte, bemerkte in der Breite von 7 bis 8° N. mehre Waſſerhoſen, von denen die eine grade auf ſein Schiff zu kam. Da er keinen Wind hatte, um ſich von ihr zu entfernen, ſo machte er zu ihrem Empfange durch Einziehung der Segel Anſtalt. Die Waſſerhoſe kam mit großer Schnelligkeit herbei und platzte zuvor, ehe ſie am Schiffe anlangte, ſie machte dabei ein großes Geräuſch und warf das Waſſer ringsumher in die Höhe, wie wenn man in das Meer ein Haus oder dergleichen geworfen hätte. Die Wuth des Windes dauerte fort und ergriff das Schiff am Steuerbord mit einer ſolchen Heftigkeit, daß er auf einmal den Bogſprietmaſt und den Fockmaſt zerbrach, überflügelte das ganze Schiff der Länge nach, warf es auf die Seite, und hätte es faſt umgeworfen. Allein das Schiff wurde bald wieder aufgerichtet, weil der Wind es in Wirbeln mit der nämlichen Wuth und auf der gegenüberſtehenden Seite ergriff, und es auf die andere Seite warf. Einen andern Fall dieſer Art erzählt Dr. Mercer in einem Briefe an Franklin. In dem Hafen St. Jean auf Antigua ſah derſelbe zwei oder drei Waſſerhoſen; auf der Oberfläche des Meeres zeigte ſich ein Kreis von etwa 20 Ruthen im Durchmeſſer, in welchem das Waſſer heftig bewegt und ſchnell in die Luft getrieben wurde. Als ſie auf das Land kam, nahm ſie Latten, Stangen, große Stücken Zimmerholz, ein kleines hölzernes Häuschen u. ſ. w. mit ſich fort, ſie hob letzteres aus ſeinem Fundamente heraus, führte es 40 F. von ſeiner Stelle fort, und ſtellte es hier wieder auf, ohne es zu zerbrechen oder umzuwerfen. Dabei war es merkwürdig, daß das Haus von Oſten nach Weſten getragen wurde, obgleich die Waſſerhoſe ihren Zug von Weſten nach Oſten nahm. Zwei oder drei Neger und eine weiße Frau wurden durch den Fall eines in die Höhe gehobenen und herabfallenden Balkens getödtet. Zu Athlone in Irland ſah man am 18. Juli 1822 Nachmittags um 4 Uhr eine ſchwarze Wolke, aus der ein Schweif bis zur Erde herabging. Er bewegte ſich mit der Wolke langſam fort, zerbrach mehre große Baumſtämme und ſchleuderte ſie über 100 Fuß weit fort, hob Heuſchober in die Luft, von denen keine Spur mehr zu ſehen war, und nahm das Dach von einem Hauſe wie einen Hut vom Kopfe eines Menſchen, und ließ es $1\frac{1}{2}$ Meile davon in tauſend Trümmern wieder auf die Erde fallen. Dieſer Schweif

wechſelte oft in Geſtalt und Farbe; bald glich er einer ſtarren Säule, bald wand er ſich wie ein Aal, bald war er ſchwarz und dunkel, bald hellblau und wie von einem lichten Nebel umflort. — Am 25. Oct. 1820 hatte man auf einer Bleiche zu Arnsdorf in Schleſien ſo eben einige hundert Schock weiße Leinwand, die auf derſelben ausgeſpannt waren, begoſſen, und die Leute ſaßen eben bei Tiſche, als nach 12 Uhr ein Sturmwind hereinbrach, der ſo dicke Staubwolken aufwirbelte, daß ſich das Tageslicht in dicke Finſterniß verwandelte. Er drückte die Fenſter des Bleichhauſes, auf welche er ſtieß, ein, warf die Flügelthüren unter fürchterlichem Krachen ein, hob alle andern Thüren in dem Gebäude aus ihren Angeln, ſo daß der Wind überall quer durch daſſelbe hinrauſchte, und warf einen großen Leiterwagen, der vor der Thüre ſtand, ſo um, daß die Räder zu oberſt gekehrt waren. Die Leinwand wurde emporgehoben und in mehre Knäule aufgewickelt, und der größte derſelben in gerader Richtung mehr als 40 Fuß hoch über das bedeutend hohe Bleichhaus fortgeführt und 150 Schritte weit in Gräben und Strauchwerk geſchleudert. Man hatte mehre Stunden lang zu thun, um die ganze in einander gefilzte Maſſe wieder zu entwirren; ſie beſtand aus 27 Schock, von denen jedes naß 23 Pfd. wog, und in der Mitte des Knäuls ſteckte ein 7 F. langer, 2½ Z. dicker und 11 Z. breiter Pfoſten, der zum Steg über einen nicht weit entfernten Graben gedient hatte. Der Wirbelwind hatte ihn zugleich mit der Leinwand in die Luft geführt, dieſe um ihn wie um eine Rolle aufgewickelt und den, ohne den Pfoſten, 4 Ctr. 93 Pfd. ſchweren Knäuel über das Haus weggeführt. Alles dieſes war in Zeit von zwei Minuten geſchehen.*)

---

*) Muncke führt noch folgende Beiſp. an: Unter die Beiſpiele ganz eigentlicher Landtromben gehört namentlich die vom 23. April 1800 in Sachſen. Ein von der Wolke herabhängender Schlauch durchlief in einer Breite von etwa 60 Schritten eine deutſ. Meile in 7 bis 8 Min., und verheerte alle in dieſem Bereiche liegenden Gegenſtände, während außerhalb kaum ein Wind zu bemerken war, indem namentlich eine Bäuerin in Dittersdorf aus dem Fenſter die Zerſtörung ihrer wenig entfernten Scheune beobachtete, ohne ſelbſt einen Windſtoß zu empfinden. An eben jenem Orte wurden die Scheunen und Stallungen eines Landgutes theils umgeworfen, theils verrückt, das maſſive Wohngebäude aber wurde theils zertrümmert, theils am linken Flügel vorgeſchoben, ſeine Fruchtſpeicher ſtürzten in einen nahen Teich, und bloß der untere gewölbte Theil widerſtand der Gewalt des Sturmes, welcher ſelbſt das Geflügel fortriß und zum Theil tödtete. Auf dem nächſtgelegenen Gute hatten drei Nebengebäude und zwei einzelne Häuſer ein gleiches Schickſal, und im nahen Walde wurden die in der Richtung des Wirbelwindes befindlichen Bäume ſo gänzlich zerſtört, daß in wenigen Minuten eine eigentliche Allee von der angegebenen Breite gebildet war, indem der Sturm manche Bäume mehre hundert Fuß fortriß. Unter andern wurde bei Etzdorf ein Knecht mit zwei Pferden aufgehoben und gegen 60 Schritte weit in einen Graben geſchleudert, mehre andere unglaubliche Ereigniſſe dieſer Art nicht zu erwähnen. Die am 27. Juli 1824 zu Reichenberg im Bunzlauer Kreiſe

Die Tromben, welche auf dem Meere vorkommen, verdienen mehr den Namen der Waſſerhoſen als die Landtromben, indem ſie, wie dieſe auf dem Feſtlande Bäume, Häuſer u. dgl., ſo auf dem Meere Waſſermaſſen oder Waſſertropfen in großer Menge emporführen. Kämtz macht die Bemerkung, daß die Waſſerhoſen nicht allenthalben auf dem Meere gleich häufig erſcheinen. Auf der Mitte der Aequatoralmeere ſollen ſie nur da auftreten, wo der Paſſat nicht regelmäßig weht. In den niederen Breiten erſcheinen ſie auf dem hohen Meere nur in der Region der Calmen, wo entweder Windſtillen ſind, oder veränderliche Winde wehen. Am häufigſten kommen ſie in der Nähe des Landes vor, wo Winde und Temperaturen unbeſtändig ſind. Nach Kämtz ſcheinen ſie ſich vorzüglich in der Nähe hoher und ſteiler Küſten zu zeigen. Man findet ſie beſonders an der Küſte von Guinea, in der Straße von Malacca, im mittelländiſchen Meere und im rothen Meere; auch im Canale und im finniſchen Meere hat man ſie häufig beobachtet. Wie auch die oben angeführten Beiſpiele beſtätigen, ſo ſind die Waſſerhoſen nach Horner niemals Wirkung eines allgemeinen Windes, ſondern es herrſcht vielmehr rings um ſie her Windſtille, und aus der Trombe ſelbſt ſtürzt der Wind nach allen Richtungen hervor. Ueber die Entſtehung der Waſſerhoſen äußert ſich Kämtz, wie folgt. „Es ſcheint mir im hohen Grade wahrſcheinlich, daß die meiſten Waſſerhoſen da-

---

tobende Landtrombe beraubte in Voitsbach ſieben Häuſer und Scheunen ihrer Dächer, zerſtörte eine gänzlich, und führte mehre Geräthſchaften, als Waſſerkannen, Stühle, Kleider, Betten u. ſ. w. bis zwei Stunden weit in den ſtark verheerten Wald fort. La Lande erzählt von einer zu Palma nuova im Venetianiſchen beobachteten Landtrombe, welche als etwa 600 Fuß hohe, bis zur Erde herabreichende Wolke nur ſehr langſam mit dumpfem Getöſe über dem Glacis der Stadt fortrückte, ein großes Haus abdeckte, andere raſirte, ſchon früher Blätter, Sand, Steine und Balken fallen ließ, endlich aber von einem Halbmondwerke aufgehalten wurde, und die im Wirbel fortgeführten Sachen herabſchüttete. In ſeltenen Fällen ſind dieſe Meteore gar nicht fortſchreitend, wie z. B. zu Blanquefort bei Bourdeaux, wo man eine wirbelnde Wolke unter Blitz und Donner ſich bis zur Erde herabſenken ſah, welche die Häuſer ihrer Dächer beraubte, einen ſtarken Baum mit den Wurzeln ausriß, und ſich zuletzt am Orte ihrer Entſtehung wieder zerſtreute. Nicht ſelten dagegen ſchütten ſolche tief zur Erde ſich ſenkende und ſtarke Verheerungen anrichtende Wolken zuletzt eine Menge Hagel herab. So zeigte ſich namentlich am 4. Meſſidor 1801 eine Landtrombe bei der Stadt St. Marcellin. Ihre Baſis hatte faſt eine franz. Meile im Umfange, ſie deckte zuerſt die Häuſer ab, riß dann die Fahne vom Thurme der Hauptkirche, wandte ſich gegen das Feld, zerriß und zerbrach die Bäume, und ſchüttete dann eine Menge Hagel aus, wodurch nebſt dem nachfolgenden Regen die Feldmarken mehrer Ortſchaften zerſtört wurden. Ganz dieſem ähnlich war das Meteor, welches nach öffentlichen Blättern den Ort Giſtebnitz im Taborer Kreiſe am 10. Mai 1818 verheerte.

durch entſtehen, daß Luftſtröme in den obern Regionen der Atmoſphäre auf einander treffen, und daß bereits hier die Urſache der wirbelnden Bewegung liege. Sind dieſe Luftſtröme heftig, ihre Temperatur und ihr Dampfgehalt ſehr verſchieden, ſo wird der Dampf mit Schnelligkeit condenſirt. Während aber bei den gewöhnlichen Wirbeln die leichten Körper in die Höhe ſteigen, werden hier die Dampfbläschen von oben nach unten geführt, wobei die Maſſe von der Wolke aus gegen die Erde an Dicke abnimmt. Hierbei bleibt die Frage noch unentſchieden, ob wirklich ein Herabführen von Nebelbläschen ſtattfinde, oder ob nicht vielmehr die Condenſation auch in der Tiefe fortdaure, dergeſtalt, daß das Herabſinken nur ſcheinbar iſt. Endlich erreicht der Wirbelwind die Oberfläche des Meeres, dieſes wird unruhig, es erhebt ſich zu Tropfen gepeitſcht, und hat ganz das Anſehen eines rauchenden Ofens. Indem ſich von oben die Wolke ſenkt, von unten das Meer erhebt, vereinigen ſich endlich beide, und es findet eine Verbindung zwiſchen Wolke und Meer ſtatt. Schon Dampier, welcher viele Waſſerhoſen beobachtete, bemerkt, daß die Säule unter der Wolke hänge, und ihre Dicke geringer werde, je näher ſie dem Meere komme. Wenn dann aber die Meeresfläche unruhig wird, ſo ſehe man das Waſſer ſchäumen, und ſich in einem Raume von 100 Schritten im Umfange lebhaft kräuſeln, bis daß die kräuſelnde Bewegung zunimmt, da es ſich alsdann in einer Säulengeſtalt von ungefähr 100 Schritten an ihrer Grundfläche erhebt, welche aber ebenfalls im Aufſteigen dünner wird, dergeſtalt, daß die ganze Waſſerhoſe an beiden Enden am dickſten, in der Mitte aber am dünnſten iſt. Während dieſes Vorganges wird die Wolke ſtets dichter und dunkler. Einen ähnlichen Vorgang erzählt Colden in einem Briefe an Franklin. Auf einer Reiſe nach Weſtindien ſah er eine Waſſerhoſe in der Entfernung von 30 bis 40 Ruthen von dem Schiffe. Sie hatte die Geſtalt eines umgekehrten Kegels, deſſen Baſis in dem dicken ſchwarzen Gewölk lag, und deſſen Spitze etwa 8 Fuß von der Oberfläche des Meeres entfernt war. Bei dem ruhigen Wetter ging die Waſſerhoſe langſam bei dem Schiffe vorbei, aus ihr kam ein heftiger Windſtrom, welcher ein Loch von etwa 6 Fuß Durchmeſſer auf der Oberfläche machte, und das Waſſer wie eine kreisförmige Falte um dieſe Vertiefung hob. Eben dieſer Beobachter ſah auf derſelben Reiſe noch mehre ſolcher Erſcheinungen, keine aber erreichte die Oberfläche des Meeres. Eben dieſes Herabſinken der Waſſerhoſe erwähnen Buchanan, Maxwell und Andere.“ Dafür, daß das Waſſer bei einer Waſſerhoſe nicht aus dem Meere (wenigſtens nicht unmittelbar, ſondern in Dunſt umgewandelt), ſondern vielmehr aus der Wolke komme, ſpricht der bemerkenswerthe Umſtand, daß wenn ein Schiff von einer Waſſerhoſe überſchüttet wird, die neben demſelben oder über daſſelbe hingeht, das zurückbleibende Waſſer ſtets von ſüßem Geſchmack iſt. Franklin hat in dieſer Beziehung viele Erkundigungen eingezogen, und nur einmal von einem ſalzigen Regen gehört. Nach Horner gibt es aber auch Waſſerhoſen, welche von unten ihren Urſprung nehmen. Dampier bemerkte eine Waſſerhoſe, die ſchnell gegen das Schiff kam, ſie hob das Waſſer in Geſtalt einer Säule 6 bis 7 Fuß

kräuſelnd in die Höhe. Da er keine Wolke über ihr ſah, ſo glaubte er, daß ſie ihre Kraft bald verlieren würde. In 4 bis 5 Minuten kam ſie bis auf die Länge eines Kabeltaues an dem Schiff vorbei. Dann ſah er einen langen blaſſen Strom, der die Breite eines Regenbogens hatte, und über dem Waſſerwirbel herabſtieg. Das obere Ende deſſelben ſchien ungemein hoch zu ſein und kam aus einer dunkeln Wolke herab. Dieſe Erſcheinung kam ihm um ſo befremdender vor, da er bis dahin dergleichen noch nicht geſehen hatte. Eine ähnliche Thatſache erzählt Buchanan. In der Nähe des Aequators bemerkte er eine Art von Wolke an der Oberfläche des Meeres, über welcher eine dunkle Wolke hing. Später kam ein Stück einer Säule aus der Wolke, welches nach einiger Zeit wieder verſchwand; eine halbe Stunde ſpäter erſchien die Säule aufs Neue, es hatte ſich ein cylindriſcher Stamm gebildet, welchen der Wind ein wenig nach Norden krümmte, erſt nach einiger Zeit vereinigten ſich beide. Eben ſo bemerkte Wolke auf dem finniſchen Meerbuſen eine große Waſſerhoſe, welche über das Schiff wegging. Viele kleinere und größere Waſſermaſſen tanzten um die Hoſe her, erhoben ſich zugeſpitzt 12 bis 16 Fuß hoch und ſanken, während andere ſtiegen, wieder herunter. Eine leichte Wolke von Dünſten ſchwebte über den tanzenden Spitzſäulen und um ſie herum. Die aufwärts ſteigende Bewegung ſah auch Napier. Eine Art von Tromben, welche von unten zu entſtehen ſcheinen, ſind die Sandhoſen oder Erdtromben, welche von Reiſenden in den aſiatiſchen und afrikaniſchen Wüſten häufig wahrgenommen worden ſind. Bruce beſchreibt die Erſcheinung, wie er ſie in der nubiſchen Wüſte wahrgenommen hat. In der weiten wüſten Ebene von Weſten nach Nordweſten ſahen wir in gewiſſen Entfernungen eine Anzahl erſtaunlich hoher Säulen von Sand, die ſich bald ſehr hurtig bewegten, bald mit majeſtätiſcher Langſamkeit fortrückten. Zuweilen dachten wir, ſie würden uns in wenig Minuten überſchütten: und es flogen auch dann und wann kleine Quantitäten Sand zu uns; bald zogen ſie ſich wieder zurück und kamen uns faſt ganz aus dem Geſicht.

Ueber den Urſprung der Waſſerhoſen läßt ſich etwas Beſtimmtes, alle einzelnen bei ihnen auftretenden Erſcheinungen Erklärendes nicht angeben, beſonders darum, weil wir zu wenige wahrhaft wiſſenſchaftliche Beobachtungen dieſes großartigen Phänomens beſitzen. Höchſt bemerkenswerth ſind jedenfalls die elektriſchen Erſcheinungen (zu denen beſonders die Feuererſcheinungen gehören, deren mehre Berichte erwähnen), welche unſtreitig bei den meiſten, wenn nicht bei allen Tromben auftreten, und es iſt nur die Frage, ob dieſelben mehr als Folge (der gewaltigen Reibung der Luftmaſſen an einander und den in ihnen enthaltenen Gegenſtänden) oder als Urſache zu betrachten ſeien, wie ausgezeichnete Phyſiker darzuthun ſich bemüht haben.

Waſſerſtoff (Hydrogen, brennbare oder inflammable Luft), wurde zuerſt als eigenthümlicher chemiſch einfacher Stoff erkannt, ſeit Cavendiſh 1781 die Zuſammenſetzung und ſpäter Lavoiſier die Zerſetzung des Waſſers in Waſſerſtoff und Sauerſtoff lehrte. Zwar wußte

man ſchon früher, daß die Luft, welche ſich aus Sümpfen und in einigen Bergwerken entwickelte, ſo wie welche man durch Uebergießung gewiſſer Metalle mit Säuren erhielt, brennbar ſei, jedoch ohne die Natur dieſer Luftart zu kennen. In der Natur findet ſich dieſer Stoff nie rein, ſondern immer mit Kohlenſtoff, Sauerſtoff, auch Schwefel, Phosphor, Chlor, Jod, Cyan u. ſ. w., mit Kohlen- und Sauerſtoff, als Beſtandtheil faſt ſämmtlicher Pflanzen, mit Stickſtoff und Sauerſtoff als Beſtandtheil faſt ſämmtlicher thieriſcher Körper, vor. Die künſtliche Darſtellung des Waſſerſtoffs iſt allemal ein Waſſerzerlegungsproceß. Werden Metalle mit Säuren übergoſſen, ſo wirkt die Säure nur als Unterſtützungsmittel des elektrochemiſchen Proceſſes; die Metalle oxydiren ſich (verbinden ſich mit dem im Waſſer enthaltenen Sauerſtoff), Waſſerſtoff wird frei. Das reinſte Waſſerſtoffgas erhält man entweder durch Zerlegung des Waſſers mittels der galvaniſchen Säule (Waſſerſtoff am negativen Pol) oder indem man Waſſerdämpfe durch ein glühendes Rohr über Eiſen führt. Bei der Bereitung des Waſſerſtoffs durch Uebergießung der Metalle mit Säuren dagegen werden häufig, beſonders wenn die Entwicklung des Gaſes raſch erfolgt, Theilchen der Metalle mechaniſch mit in die Höhe geriſſen, mit welchen dann das Gas verunreinigt erſcheint, daher man zinkhaltiges, eiſenhaltiges Waſſerſtoffgas u. ſ. w. erhält. Das **reine** Waſſerſtoffgas iſt ein farbloſes Gas von 0,0694 ſpecif. Gewicht, das der atmoſphäriſchen Luft = 1 genommen, alſo 14⅖mal leichter als atmoſphäriſche Luft, und 16mal leichter als Sauerſtoffgas. Es iſt geſchmack- und geruchlos, und hat im Verhältniß zu ſeiner Dichtigkeit unter allen Gasarten die ſtärkſte lichtbrechende Kraft, die ſich zu der der atmoſphäriſchen Luft im Verhältniß ihrer Dichtigkeit wie 6,89 : 1 verhält. Es iſt außerordentlich brennbar, unterhält jedoch das Verbrennen nicht, und entwickelt beim Verbrennen die meiſte Wärme, aber nur wenig Licht. Das Gas iſt ferner unathembar, ſo daß Thiere ſehr ſchnell in Waſſerſtoffgas erſticken, läßt ſich jedoch in Verbindung mit etwas atmoſphäriſcher Luft einige Zeit lang einathmen. Seiner großen Leichtigkeit wegen gebraucht man dieſes Gas zur Füllung der Luftballons (ſ. d. Art.). Die mediciniſche Anwendung des Waſſerſtoffs iſt noch zweifelhaft. Nach Einigen ſoll es, in Verbindung mit atmoſphäriſcher Luft eingeathmet, die Stimme heller und reiner machen; nach **Biſchof** ſoll es erheitern, das Geſicht ſchärfen, jedoch die Muskelkraft und den Puls ſchwächen, das Blut entſauerſtoffen und ſpäter Schwindel verurſachen. Von den Verbindungen des Waſſerſtoffs mit andern Körpern ſind die meiſten ſchon an andern Orten, bei der Beſchreibung der Eigenſchaften dieſer Körper erwähnt. Hier nur die zwei wichtigſten mit Sauerſtoff. Die erſte dieſer Verbindungen iſt das allgemein verbreitete und allgemein bekannte **Waſſer**, welches ſich jederzeit durch Vereinigung von Sauerſtoff und Waſſerſtoff, unter Einwirkung von Licht, Wärme, Elektricität, oder ſtarkem und raſchem Druck bildet. Das Gemenge von Waſſerſtoffgas und Sauerſtoffgas in dem gehörigen Verhältniſſe iſt unter dem Namen **Knallgas** bekannt. Wird dieſes Knallgas irgend wie entzündet, ſo zerſetzt es ſich unter der heftigſten Exploſion und bildet Waſſer, und

kräuſelnd in die Höhe. Da er keine Wolke über ihr ſah, ſo glaubte er, daß ſie ihre Kraft bald verlieren würde. In 4 bis 5 Minuten kam ſie bis auf die Länge eines Kabeltaues an dem Schiff vorbei. Dann ſah er einen langen blaſſen Strom, der die Breite eines Regenbogens hatte, und über dem Waſſerwirbel herabſtieg. Das obere Ende deſſelben ſchien ungemein hoch zu ſein und kam aus einer dunkeln Wolke herab. Dieſe Erſcheinung kam ihm um ſo befremdender vor, da er bis dahin dergleichen noch nicht geſehen hatte. Eine ähnliche Thatſache erzählt Buchanan. In der Nähe des Aequators bemerkte er eine Art von Wolke an der Oberfläche des Meeres, über welcher eine dunkle Wolke hing. Später kam ein Stück einer Säule aus der Wolke, welches nach einiger Zeit wieder verſchwand; eine halbe Stunde ſpäter erſchien die Säule aufs Neue, es hatte ſich ein cylindriſcher Stamm gebildet, welchen der Wind ein wenig nach Norden krümmte, erſt nach einiger Zeit vereinigten ſich beide. Eben ſo bemerkte Wolke auf dem finniſchen Meerbuſen eine große Waſſerhoſe, welche über das Schiff wegging. Viele kleinere und größere Waſſermaſſen tanzten um die Hoſe her, erhoben ſich zugeſpitzt 12 bis 16 Fuß hoch und ſanken, während andere ſtiegen, wieder herunter. Eine leichte Wolke von Dünſten ſchwebte über den tanzenden Spitzſäulen und um ſie herum. Die aufwärts ſteigende Bewegung ſah auch Napier. Eine Art von Tromben, welche von unten zu entſtehen ſcheinen, ſind die Sandhoſen oder Erdtromben, welche von Reiſenden in den aſiatiſchen und afrikaniſchen Wüſten häufig wahrgenommen worden ſind. Bruce beſchreibt die Erſcheinung, wie er ſie in der nubiſchen Wüſte wahrgenommen hat. In der weiten wüſten Ebene von Weſten nach Nordweſten ſahen wir in gewiſſen Entfernungen eine Anzahl erſtaunlich hoher Säulen von Sand, die ſich bald ſehr hurtig bewegten, bald mit majeſtätiſcher Langſamkeit fortrückten. Zuweilen dachten wir, ſie würden uns in wenig Minuten überſchütten: und es flogen auch dann und wann kleine Quantitäten Sand zu uns; bald zogen ſie ſich wieder zurück und kamen uns faſt ganz aus dem Geſicht.

Ueber den Urſprung der Waſſerhoſen läßt ſich etwas Beſtimmtes, alle einzelnen bei ihnen auftretenden Erſcheinungen Erklärendes nicht angeben, beſonders darum, weil wir zu wenige wahrhaft wiſſenſchaftliche Beobachtungen dieſes großartigen Phänomens beſitzen. Höchſt bemerkenswerth ſind jedenfalls die elektriſchen Erſcheinungen (zu denen beſonders die Feuererſcheinungen gehören, deren mehre Berichte erwähnen), welche unſtreitig bei den meiſten, wenn nicht bei allen Tromben auftreten, und es iſt nur die Frage, ob dieſelben mehr als Folge (der gewaltigen Reibung der Luftmaſſen an einander und den in ihnen enthaltenen Gegenſtänden) oder als Urſache zu betrachten ſeien, wie ausgezeichnete Phyſiker darzuthun ſich bemüht haben.

Waſſerſtoff (Hydrogen, brennbare oder inflammable Luft), wurde zuerſt als eigenthümlicher chemiſch einfacher Stoff erkannt, ſeit Cavendiſh 1781 die Zuſammenſetzung und ſpäter Lavoiſier die Zerſetzung des Waſſers in Waſſerſtoff und Sauerſtoff lehrte. Zwar wußte

man ſchon früher, daß die Luft, welche ſich aus Sümpfen und in einigen Bergwerken entwickelte, ſo wie welche man durch Uebergießung gewiſſer Metalle mit Säuren erhielt, brennbar ſei, jedoch ohne die Natur dieſer Luftart zu kennen. In der Natur findet ſich dieſer Stoff nie rein, ſondern immer mit Kohlenſtoff, Sauerſtoff, auch Schwefel, Phosphor, Chlor, Jod, Cyan u. ſ. w., mit Kohlen= und Sauerſtoff, als Beſtandtheil faſt ſämmtlicher Pflanzen, mit Stickſtoff und Sauerſtoff als Beſtandtheil faſt ſämmtlicher thieriſcher Körper, vor. Die künſtliche Darſtellung des Waſſerſtoffs iſt allemal ein Waſſerzerlegungsproceß. Werden Metalle mit Säuren übergoſſen, ſo wirkt die Säure nur als Unterſtützungsmittel des elektrochemiſchen Proceſſes; die Metalle oxydiren ſich (verbinden ſich mit dem im Waſſer enthaltenen Sauerſtoff), Waſſerſtoff wird frei. Das reinſte Waſſerſtoffgas erhält man entweder durch Zerlegung des Waſſers mittels der galvaniſchen Säule (Waſſerſtoff am negativen Pol) oder indem man Waſſerdämpfe durch ein glühendes Rohr über Eiſen führt. Bei der Bereitung des Waſſerſtoffs durch Uebergießung der Metalle mit Säuren dagegen werden häufig, beſonders wenn die Entwicklung des Gaſes raſch erfolgt, Theilchen der Metalle mechaniſch mit in die Höhe geriſſen, mit welchen dann das Gas verunreinigt erſcheint, daher man zinkhaltiges, eiſenhaltiges Waſſerſtoffgas u. ſ. w. erhält. Das **reine** Waſſerſtoffgas iſt ein farbloſes Gas von 0,0694 ſpecif. Gewicht, das der atmoſphäriſchen Luft = 1 genommen, alſo 14⅖mal leichter als atmoſphäriſche Luft, und 16mal leichter als Sauerſtoffgas. Es iſt geſchmack= und geruchlos, und hat im Verhältniß zu ſeiner Dichtigkeit unter allen Gasarten die ſtärkſte lichtbrechende Kraft, die ſich zu der der atmoſphäriſchen Luft im Verhältniß ihrer Dichtigkeit wie 6,89 : 1 verhält. Es iſt außerordentlich brennbar, unterhält jedoch das Verbrennen nicht, und entwickelt beim Verbrennen die meiſte Wärme, aber nur wenig Licht. Das Gas iſt ferner unathembar, ſo daß Thiere ſehr ſchnell in Waſſerſtoffgas erſticken, läßt ſich jedoch in Verbindung mit etwas atmoſphäriſcher Luft einige Zeit lang einathmen. Seiner großen Leichtigkeit wegen gebraucht man dieſes Gas zur Füllung der Luftballons (ſ. d. Art.). Die mediciniſche Anwendung des Waſſerſtoffs iſt noch zweifelhaft. Nach Einigen ſoll es, in Verbindung mit atmoſphäriſcher Luft eingeathmet, die Stimme heller und reiner machen; nach **Biſchof** ſoll es erheitern, das Geſicht ſchärfen, jedoch die Muskelkraft und den Puls ſchwächen, das Blut entſauerſtoffen und ſpäter Schwindel verurſachen. Von den Verbindungen des Waſſerſtoffs mit andern Körpern ſind die meiſten ſchon an andern Orten, bei der Beſchreibung der Eigenſchaften dieſer Körper erwähnt. Hier nur die zwei wichtigſten mit Sauerſtoff. Die erſte dieſer Verbindungen iſt das allgemein verbreitete und allgemein bekannte **Waſſer**, welches ſich jederzeit durch Vereinigung von Sauerſtoff und Waſſerſtoff, unter Einwirkung von Licht, Wärme, Elektricität, oder ſtarkem und raſchem Druck bildet. Das Gemenge von Waſſerſtoffgas und Sauerſtoffgas in dem gehörigen Verhältniſſe iſt unter dem Namen **Knallgas** bekannt. Wird dieſes Knallgas irgend wie entzündet, ſo zerſetzt es ſich unter der heftigſten Exploſion und bildet Waſſer, und

zwar regelmäßig in dem Verhältniß, daß 2 Volumina Waſſerſtoff mit einem Volumen Sauerſtoff oder 1 Gewichtstheil Waſſerſtoffgas mit 8 Gewichtstheilen Sauerſtoffgas zuſammentreten. In neueſter Zeit entdeckte jedoch Davy, daß Platinſchwamm (Produkt der Glühung des ſalzſauren Platinoxydammoniaks) in Knallgas getaucht, ſchnell zu glühen beginne, und das Knallgas entzünde, ebenſo auch in einem Gemiſch von Waſſerſtoffgas und atmoſphäriſcher Luft, ferner, daß wenn man in atmoſphäriſcher Luft einen Strom Waſſerſtoffgas auf Platinſchwamm ſtreichen läßt, dieſer ebenfalls zu glühen beginnt, und das Gas ſelbſt entzündet. Hierauf gründeten ſich die von Döbereiner erfundenen Platinfeuerzeuge (ſ. d. Art. Feuerzeug). Noch kräftiger wirken in dieſer Beziehung das ſogenannte Platinſchwarz und pulveriges Irid. Auch andere fein zertheilte Metalle oder poröſe und pulverige Körper bewirken, bis auf einen gewiſſen Grad erhitzt, das Zuſammentreten beider Gasarten zu Waſſer. — Läßt man das Knallgas durch ſehr enge Oeffnungen ſtrömen, ſo verhindern dieſe die Fortpflanzung der Entzündung. Auf dieſer Eigenſchaft beruht die Davyſche Sicherheitslampe (ſ. d. Art.) und das Knallgasgebläſe (ſ. d. Art. Gebläſe), durch welches die bis jetzt denkbar höchſten Hitzgrade hervorgebracht werden können. In der Natur kommt das Waſſer, da es das Löſungsmittel vieler Subſtanzen iſt, *ſelten* rein vor, und muß daher für den chemiſchen, phyſiſchen und pharmaceutiſchen Gebrauch faſt immer durch Deſtillation gereinigt werden. Das reinſte Waſſer iſt das Regen- und Schneewaſſer, weniger rein das Flußwaſſer. Quell- oder Brunnenwaſſer ſind meiſtens unreiner als Flußwaſſer, außer bei den Quellen, welche in Sand- oder Granitgebirgen, überhaupt in ſolchen Gebirgsarten entſtehen, welche dem Waſſer wenig auflösliche Theile darbieten. Das reine Waſſer erſcheint als farbloſe, durchſichtige, bei gewöhnlicher Temperatur, geſchmack- und geruchloſe weder auf Säuren noch auf Baſen reagirende Flüſſigkeit, deren ſpecif. Gew. man = 1 zu ſetzen pflegt. Ein Wiener Cubikfuß reines Waſſer wiegt bei der mittleren Temperatur von + 12° R. 56,3262 Wiener Pfund und bei + 3° R. (Temperatur der größten Dichte) 56,3772 Wiener Pfund. Hiernach iſt das Gewicht eines Kubikfußes Waſſer bei + 12° R.:

im Badiſchen	Maß und Gewicht	53,93	Pfd.
— Baieriſchen	— —	44,31	—
— Braunſchweigiſ.	— —	49,68	—
— Hannoverſchen	— —	50,84	—
— Preußiſchen	— —	66,04	—
— Sächſiſchen	— —	48,22	—
— Würtembergiſ.	— —	50,21	—

Es iſt ſehr wenig zuſammendrückbar, hat ſeine größte Dichtigkeit nach Hallſtröm bei 3,28° R., nach Muncke bei 3,004° R., (ſ. d. Art. Ausdehnung S. 111. f.), und gefriert bei etwas unter 0° R. oder + 32° R. Fahrenheit, wo es ſich wiederum ausdehnt, und in ſechsſeitigen Säulen und ihren Abwandelungen kryſtalliſirt. Eis (ſ. d. Art.) iſt leichter als Waſſer; ſein ſpecif. Gewicht verhält ſich zu dem des Waſſers ungefähr, wie 9 : 10. Das Waſſer ſiedet unter gewöhn-

lichem Luftdrucke bei 80° R. oder 212° F., und verwandelt ſich in einen durchſichtigen Dampf (ſ. d. Art.) von 0,625 ſpecif. Gew. (atmoſphäriſche Luft = 1), welcher das 1700fache Volumen des Waſſers, aus dem er entſtand, einnimmt. Durch Waſſer werden faſt alle Gasarten abſorbirt, natürlich je nach der Beſchaffenheit der zu abſorbirenden Gaſe, in verſchiedenen Mengen, und dieſe Abſorptionsfähigkeit kann durch Druck und Erkältung erhöht werden, dagegen wird ſie vermindert oder aufgehoben durch Temperaturerhöhung, Verdünnung der Luft, und Auflöſung von feſten Körpern im Waſſer, durch welche die Gasarten nicht chemiſch gebunden werden. (S. d. Art. Abſorption.) — Die Verwandtſchaft des Waſſers zu einfachen Körpern iſt nur gering; dagegen verbindet es ſich gern und innig mit zuſammengeſetzten Körpern zu ſogenannten Hydraten. Dieſe Hydrate nehmen oft noch eine beſtimmte Menge Waſſer zum Kryſtalliſiren auf, Kryſtalliſationswaſſer, welches ſie indeß, da es nicht chemiſch an ſie gebunden iſt, z. B. durch Glühen, leicht wieder fahren laſſen. Auch die Salze nehmen oft beim Kryſtalliſiren Waſſer auf. Viele Säuren, Baſen, Salze, ſo wie viele indifferente organiſche Körper, wie Gummi, Eiweiß, Leim, löſen ſich im Waſſer auf. Die ſogenannten zerfließlichen Subſtanzen ziehen, vermöge ihrer großen Verwandtſchaft zum Waſſer, daſſelbe aus der Luft an, wodurch ihr Zerfließen bewirkt wird. — Die zweite Verbindung des Waſſerſtoffs iſt das von Thénard 1818 entdeckte ſogenannte Waſſerſtoffhyperoxyd. Bei gewöhnlichem Luftdruck nämlich verſchluckt das Waſſer nur ungefähr $\frac{1}{27}$ bis $\frac{1}{15}$ ſeines Volumens, Sauerſtoff, kann indeſſen durch verſtärkten Druck und in der Kälte bis $\frac{1}{2}$ Volumen Sauerſtoff aufnehmen; durch ein ebenſo ſinnreiches und zuſammengeſetztes Verfahren aber brachte Thénard das Waſſer zur Aufnahme des 475fachen Volumens Sauerſtoff. Dieſes nach Thénards Angabe erhaltene Waſſerſtoffhyperoxyd (oxydirtes Waſſer, tropfbarflüſſiger Sauerſtoff), iſt eine tropfbare, farbloſe durchſichtige Flüſſigkeit von Syrupsdicke und 1,453 ſpecif. Gewicht, welche noch nicht bei — 24° R. gefriert. Sie iſt nach Thénard geruchlos, nach Berzelius von ſchwachem widerlichen, chlorähnlichem Geruch, von widerlichem bitterherben Geſchmack, welche nach Thénard Lackmus nicht röthet, nach Berzelius alle Pflanzenfarben bleicht und zerſtört. Auf die Oberhaut gebracht macht es einen weißen Fleck, und erregt eine ſtechende Empfindung, beides jedoch nur vorübergehend. Dieſe Verbindung läßt ſich außerordentlich leicht zerlegen, von vielen Körpern durch bloße Berührung. Am heftigſten erfolgt dieſe Zerſetzung durch Silberoxyd, unter lebhafter Exploſion und Feuerentwicklung, wobei das Silber reducirt wird, durch einen bis jetzt unerklärlichen Proceß. Mit mehr Waſſer verdünnt hält das Waſſerſtoffhyperoxyd den Sauerſtoff feſter gebunden. — In neueſter Zeit hat man, wie unzähliges Andere, auch das Waſſerſtoffhyperoxyd als Mittel gegen die Cholera gebrauchen wollen.

Waſſerwage, (franz.) Niveau iſt ein Inſtrument, deſſen man ſich zur Herſtellung und Beobachtung einer horizontalen Richtung bedient.

Es gibt verſchiedene Arten dieſes Inſtrumentes, ſowohl in Bezug auf den Zweck, zu dem ſie dienen ſollen, als in Bezug auf das Princip, auf welches ſie gegründet ſind. Bei vielen Inſtrumenten, namentlich beim Meßtiſche und bei den aſtronomiſchen Inſtrumenten kommt es darauf an, ſie in eine horizontale Richtung zu bringen. Die Waſſerwage, deren man ſich hierzu bedient, iſt die Libelle, das Niveau mit der Luftblaſe. Dieſelbe beruht auf dem Princip, daß in einem Gefäße, in welchem ſich eine Luftblaſe und tropfbare Flüſſigkeit befindet, die Luftblaſe ſtets die höchſte Stelle einnimmt. Die einfachſte derartige Waſſerwage beſteht in einem kleinen cylindriſchen Gefäße unten mit einem ebenen Boden, oben mit einem Uhrglaſe bedeckt. Dieſe beiden Böden müſſen ſo abgeglichen ſein, daß die höchſten Theile des convexen Glaſes parallel mit der ebenen Grundfläche ſind, oder daß das Uhrglas (welches ein Kugelabſchnitt iſt) durchaus ſymmetriſch über der unteren Ebene liegt und ſein höchſter Punkt über dem Mittelpunkt der Grundfläche ſteht. Im Innern dieſes Gefäßes befindet ſich Waſſer oder Weingeiſt und eine kleine Luftblaſe. Wird nun dieſes Inſtrument mit dem ebenen Boden z. B. auf einen Tiſch geſtellt, ſo erkennt man die Horizontalität des letzteren daran, daß die Luftblaſe den Mittelpunkt, d. h. die höchſte Stelle des Glaſes einnimmt. Iſt dieſes nicht der Fall, ſo muß man die Stellung ſo lange ändern, bis die Luftblaſe die angegebene Stelle einnimmt. An den Inſtrumenten, bei denen es auf horizontale Stellung ankommt, ſind Schraubenvorrichtungen angebracht, um nach Angabe der Waſſerwage die Stellung zu reguliren. Genauer als das eben angegebene Inſtrument iſt die Libelle, welche in einer wenig gekrümmten, mit Waſſer oder Weingeiſt und einer Luftblaſe gefüllten Glasröhre beſteht, und die im Art. Paſſageninſtrument S. 87 bereits beſchrieben iſt, wo auch die Art, wie man ſich derſelben zur Stellung aſtronomiſcher Werkzeuge bedient, an einem Beiſpiele genau angegeben iſt.

Eine ſehr ausgedehnte Anwendung finden die Waſſerwagen da, wo es darauf ankommt, in verſchiedenen Entfernungen Punkte anzugeben, die in derſelben Horizontalebene liegen, oder zu beſtimmen, um wie viel ein Punkt über der Horizontalebene eines anderen Punktes ſich erhebe. Man bedient ſich hierbei ſehr häufig der Canalwage. Dieſelbe beſteht aus einer mehre Fuß langen blechernen Röhre A B (Fig. 437.), an die zwei rechtwinklich von ihr ausgehende parallele ziemlich weite Glasröhren A C und B D befeſtigt iſt. Die Röhre A B ſteht auf einem Fuße, auf dem ſie ſowohl innerhalb der Horizontalebene als der Verticalebene gewendet werden kann. Man ſtellt ſie ſo, daß ſie ungefähr horizontal iſt, und füllt ſie mit Waſſer, bis dieſes in den beiden Glasröhren etwa bei E und F ſteht. Hierbei muß man ſich vorſehen, daß in der Röhre A B keine Luftblaſen zurückbleiben, weil dieſe der Richtigkeit des Inſtruments Schaden thun würden. Nach dem bekannten hydroſtatiſchen Geſetze wird das Waſſer in A C und B D gleich hoch ſtehen, d. h. ſo daß die Oberflächen deſſelben in derſelben Horizontalebene liegen. Viſirt man nun über dieſe beiden Oberflächen hinweg, ſo erblickt man hinter der zweiten denjenigen entfernten Punkt,

welcher in derſelben Horizontalebene mit beiden Waſſerflächen liegt. Dieſes Viſiren wird dadurch unſicher, daß ſich das Waſſer an den Wänden der Röhre emporzieht, und man daher ſehr ſcharf die Mitten der Waſſerfläche ins Auge faſſen muß. Man erleichtert ſich die Beobachtung daher mit Hilfe zweier Dioptern*), welche mit meſſingenen Ringen um die Glasröhren faſſen, ſo daß jedes einzeln genau mit der Waſſerfläche in gleiche Höhe geſtellt werden kann. Das eine Diopter hat eine kleine runde Oeffnung, das andere ein Haar, und man viſirt durch die Oeffnung über das Haar, um den geſuchten Punkt von gleicher Höhe an einem in einiger Entfernung ſtehenden Gegenſtande zu ſuchen. — Nach de la Hire ſollen in den beiden Glasröhren Dioptern ſchwimmen, oder ſtatt deſſen in der einen Röhre eine Objectivlinſe in der anderen ein Ocularglas. Statt des Waſſers nimmt man für eine ſolche Vorrichtung beſſer Queckſilber.

Zu demſelben Zwecke ein bei weitem paſſenderes Inſtrument iſt die Siſſonſche Waſſerwage, welche in einem mit einem Fadenkreuze verſehenen Fernrohre A B (Fig. 438.) beſteht, an welchem eine Libelle hängt, deren Stellung durch die feine Schraube G ſo regulirt werden muß, daß die Libelle Horizontalität anzeigt, wenn die Axe des Fernrohres in horizontaler Lage ſich befindet. Iſt das Inſtrument einmal in dieſer Weiſe regulirt, ſo kann man auf jedem Standpunkte deſſelben das Fernrohr dadurch horizontal ſtellen, daß man es mit der Schraube E höher oder niedriger an ſeinem einen Ende ſtellt, bis die Waſſerwage Horizontalität anzeigt. Sieht man dann durch das Fernrohr, ſo fällt das Fadenkreuz vor den Punkt, welcher mit der Axe des Fernrohres in derſelben Horizontalebene liegt. Bei F läßt ſich das Fernrohr in einem Zapfen innerhalb der Horizontalebene wenden. Ueber die Art und Weiſe, wie derartige Inſtrumente regulirt werden (vergl. d. Art. Paſſageninſtrument S. 87 ff.).

Wenn man beſtimmen will, wie hoch ein Punkt über der Horizontalebene eines anderen liege, ſo ſtellt man an dem einem Punkte das horizontale Fernrohr auf, und bringt an dem anderen Punkte eine Stange in verticaler Richtung an, welche eine Tafel mit einem verſchiebbaren paſſenden Merkmale trägt, um nach ihm hin zu viſiren, und mit einem Maßſtabe verſehen iſt, um die Höhe des Merkmales über dem Boden (den Punkt, deſſen Erhebung man kennen lernen will) zu meſſen. Kennt man dann auch die Höhe des Nivillirinſtrumentes über dem Boden, ſo iſt es leicht, den Höhenunterſchied beider Orte zu berechnen. Dieſe Nivellirtafel iſt gewöhnlich in vier gleich große Quadrate getheilt, von denen zwei diametral gegenüberliegende ſchwarz, die zwei anderen weiß gefärbt ſind. Nach der Mittellinie wird viſirt. Die Tafel iſt in einer Nute der mit dem Maßſtabe verſehenen Nivellirlatte verſchiebbar und ein Zeichen, welches dem Mittelpunkte der Tafel entſpricht, zeigt auf dem Maßſtabe die Höhe des abviſirten Punktes über dem Boden an. Mitis hat an der Siſſonſchen Waſſerwage

---

*) S. d. Art. Alhidade.

mehre Verbeſſerungen angebracht, welche ihren Gebrauch erleichtern und erweitern. Es iſt ein horizontaler eingetheilter Kreis angebracht, welcher mit Hilfe einer eigenen Waſſerwage in der horizontalen Stellung berichtigt wird, und an dem man den Winkel meſſen kann, um welchen das Fernrohr verſchoben wird, wenn es nach der Beobachtung eines Punktes in der Horizontalebene auf einen zweiten gerichtet wird. Ferner iſt mit dem Fernrohr ein ſenkrecht herabgehender Stab verbunden, welcher, indem er ſich auf den Boden aufſtützt, bewirkt, daß das Fernrohr ſtets in derſelben Höhe über dem Boden ſteht. An dem Maßſtabe der Nivellirlatte kann dann in gleicher Höhe von unten der Nullpunkt angenommen werden, und ſo erhält man bei der Ableſung an dieſem Maßſtabe da, wo das Merkzeichen ſteht, ſogleich die Höhe des einen Ortes über dem anderen. Eine dritte Verbeſſerung macht zwar das Fernrohr zuſammengeſetzter, erhöht aber zugleich die Anwendbarkeit deſſelben, indem es geſchickt wird, auch gegen den Horizont geneigte Linien mit gleicher Sicherheit wie in der Horizontalebene zu viſiren. Das Fernrohr ſteht nämlich oberhalb jenes Kreiſes ſo, daß es ſich in der Verticalebene, die durch ein auf jenem Kreiſe bewegliches Lineal geht, in horizontale, aber auch in geneigte Stellung bringen läßt, und iſt ſtatt eines Niveaus mit dreien verſehen, deren zwei eine bedeutend geneigte Stellung gegen das Fernrohr annehmen können. Das eine derſelben iſt, wie bei dem vorigen Inſtrumente, beſtimmt, die Axe des Fernrohrs horizontal zu ſtellen, und dieſes wird alſo auf die gewöhnliche Weiſe berichtigt, ſo daß die Viſirlinie horizontal iſt, wenn die Blaſe in der Mitte ſteht. Die beiden andern ſind beſtimmt, das eine Höhenwinkel, das andere Tiefenwinkel anzugeben, und man berichtigt ihre Stellung auf folgende Weiſe. Nachdem das der Horizontalſtellung zugehörende Niveau berichtigt iſt, bringt man das Fernrohr in die genau horizontale Stellung und läßt in beſtimmter Entfernung z. B. 500 Fuß, die oben beſchriebene Viſirtafel aufſtellen, und ihre Mitte ſo heben oder ſenken, daß die horizontale Geſichtslinie ihre Mitte trifft. Nun berechnet man für den Höhenwinkel, für den man das zweite Niveau zu ſtellen beabſichtigt, wie viel die unter dieſem Höhenwinkel geneigte Linie in jener Entfernung von 500 Fuß ſich über die Horizontallinie erhebt, und um ſo viel höher ſtellt man die Nivellirtafel. Man ändert die Neigung des Fernrohrs, bis die Mitte des Fadenkreuzes die Mitte der Viſirtafel deckt, und iſt alſo gewiß, ſo eine unter dem verlangten Höhenwinkel geneigte Linie abzuviſiren, und bei dieſer ungeändert bleibenden Stellung des Fernrohrs führt man das zweite Niveau durch eine dieſes Niveau allein bewegende Schraube auf die Stellung, wo die Blaſe die Mitte einnimmt. Da auf dieſe Weiſe die Horizontallinie des Niveau mit der Axe des Fernrohrs den beſtimmten Winkel macht, ſo kann man nun zur Abviſirung jeder eben ſo geneigten Linie das mit Hilfe dieſer Libelle eingeſtellte Fernrohr gebrauchen. Daß man für Tiefenwinkel, für welche das dritte Niveau beſtimmt iſt, auf gleiche Weiſe verfährt, iſt nun leicht zu überſehen. Man kann, wie auch Mitis bemerkt, zu demſelben Zwecke, Linien in beſtimmter Neigung abzuſehen, auch außer den Kreuzfäden noch zwei bewegliche Horizontalfä-

den in dem Fernrohre anbringen, und dieſe ſoweit von der Mitte des Fernrohrs entfernen, daß ſie einer beſtimmten Neigung entſprechen, während der Mittelfaden die Horizontallinie bezeichnet. Dieſe unter einem beſtimmten Winkel geneigten Viſirlinien können einen doppelten Vortheil gewähren, indem ſie erſtlich, wenn man drei Beobachtungen macht, die etwa entſtandene Unrichtigkeit eines der Niveau's ſogleich kenntlich machen, und zweitens da, wo der Boden zu abhängig iſt, um weit genug eine Horizontallinie abzuſehen, doch ein Nivelliren auf bedeutende Entfernungen erlauben. Zu ähnlichem Zwecke, nämlich um eine Richtungslinie unter einem beſtimmten Höhenwinkel abzuviſiren, gibt Puiſſant ein Inſtrument unter dem Namen Klitometer (v. d. griech. κλιτός Neigung) oder Niveau de pente (franz., Neigungsniveau) an, welches in einem langen Lineale mit zwei Dioptern beſteht. Das Diopter, welches gegen den Gegenſtand gerichtet wird, iſt mit einer Theilung verſehen, und kann nach Bedürfniß höher oder niedriger geſtellt ſtellt werden, während das Lineal ſelbſt in horizontaler Lage erhalten wird.

Waſſerziehen iſt ein eigenthümliches, ſehr häufig erſcheinendes Lichtmeteor, welches auftritt, wenn die Sonne hinter einem Gewölk ſteht, welches im Begriff iſt, Regen zu ergießen, und durch einige Oeffnungen desſelben hindurchſcheinend die Luft beleuchtet. Die Dünſte reflectiren dann das Licht und es erſcheinen Streifen, welche lichter ſind als der Grund. Dieſe Streifen ſcheinen gegen die Sonne hin zu convergiren und ſich hinter der Wolke zu vereinigen, als wenn ſich dort die Sonne befände. Dieſes Phänomen verkündet baldigen Regen und erſcheint im Sommer öfter als im Winter, bei niederem Sonnenſtande öfter als bei hohem. Seltener ereignet es ſich, daß man Strahlen ſieht, die von einem der Sonne gerade entgegengeſetzten Punkte des Firmamentes auszufahren ſcheinen, aber immer viel ſchwächer ſind, als die vorhin beſprochenen. Sie beruhen auf demſelben Grunde, wie jene. Die von der Sonne ausgehenden, nach der entgegengeſetzten Gegend des Firmamentes hinfahrenden Strahlen werden durch Reflexion in den Dünſten der unteren Luftregion eben ſo ſichtbar, wie ein Lichtſtrahl in einem dunklen Zimmer durch Reflexion in den feinen, in der Luft ſchwebenden Stäubchen, und wiewohl dieſe Strahlen parallel ſind, ſo ſcheinen ſie doch durch optiſche Täuſchung gegen die fernſten Stellen zu convergiren, gerade ſo wie eine parallele Baumreihe gegen das von uns entfernteſte Ende zu convergiren ſcheint.

Weingeiſt oder (arab.) **Alkohol** iſt eine tropfbare Flüſſigkeit, ein chemiſches Produkt, welches bei der Gährung durch Umbildung des Zuckers entſteht. Es macht derſelbe den weſentlichen Beſtandtheil aller geiſtigen Flüſſigkeiten aus (des Weines, Bieres, Branntweins, Meths u. a.), aus denen man ihn auch durch Entfernung der wäſſerigen und anderen Beimiſchungen gewinnt. Die Abſcheidung des Weingeiſtes geſchieht durch Deſtillation des Branntweins, indem die weingeiſtigen Beſtandtheile desſelben am leichteſten und erſten verflüchtigt wer-

den. Nach dem erſten Deſtilliren hat man nur wäſſrigen Weingeiſt erhalten. Durch nochmalige Deſtillation, bei der man nur das erſte Drittheil auffängt, deſſen ſpecif. Gewicht nicht über 0,9 beträgt, erhält man den ſogenannten rectificirten Weingeiſt. Deſtillirt man von dieſem nochmals $\frac{1}{3}$ ab, deſſen ſpecif. Gewicht 0,833 nicht überſteigt, ſo erhält man höchſt rectificirten Weingeiſt. Durch Wiederholung der Operation des Deſtillirens kann man endlich Weingeiſt von 0,825 ſpecif. Gewicht, der noch 11 pCt. Waſſer enthält, gewinnen. Zu größerer Reinheit kann man durch bloße Rectification den Alkohol nicht bringen, weil derſelbe das Waſſer ſehr feſt hält und weil Weingeiſt von 94 pCt. (94 Th. völlig reinen Weingeiſts auf 100 Th.) eben ſo flüchtig wie ganz waſſerfreier Alkohol iſt, ja ſogar noch etwas eher ſiedet als Weingeiſt von 97 und 98 pCt. Der waſſerfreie Weingeiſt ſiedet bei 60°,62 R. Sömmering machte die Beobachtung, daß wenn ein Gefäß, welches waſſerhaltigen Weingeiſt hält, mit einer Rindsblaſe überbunden wird, die Rindsblaſe das Waſſer durch ſich hindurchdringen und verdunſten läßt, während ſie den Alkohol zurückhält. Hiernach darf man nur eine Ochſen- oder Kalbsblaſe mit Weingeiſt füllen, gut zubinden und an einem warmen Orte (in einer Temperatur von etwa 40° R.) aufhängen, ſo wird man nach einiger Zeit (6 bis 12 Stunden) einen Weingeiſt von 97 oder 98 pCt. erhalten. Vor dem Gebrauch muß man die Blaſe einige Zeit in Waſſer aufweichen, dann ſie aufblaſen und auf beiden Seiten von Fett und den anhangenden Gefäßen reinigen, ſie aufgeblaſen trocknen laſſen, und endlich die äußere Seite zweimal, die innere viermal mit einer Auflöſung von Hauſenblaſe beſtreichen. Beim Füllen läßt man einen kleinen Theil der Blaſe leer. Der völlig waſſerfreie Weingeiſt, abſoluter Alkohol genannt, hat bei 12° R. ein ſpecif. Gewicht = 0,7947 oder bei 16° R. ein ſpecif. Gewicht = 0,791. Um ihn zu gewinnen entzieht man dem Weingeiſt das Waſſer durch Salze, die das Waſſer begierig anziehen. Man ſchmilzt ſalzſauren Kalk (Chlorcalcium), zerſtößt es gröblich, und thut es in einer zugeſtöpſelten Flaſche zu einem gleichen Gewicht höchſt rectificirten Weingeiſt. Nachdem die Auflöſung erfolgt und dieſe ſich klar zeigt, gießt man ſie in eine Retorte und deſtillirt das halbe Volumen des angewendeten Weingeiſtes ab.

Der abſolute Alkohol zieht das Waſſer begierig an, ſogar aus der Luft, und muß daher in wohlverſchloſſenen Gefäßen aufbewahrt werden. Man braucht ihn zur Aufbewahrung thieriſcher Theile um ſie vor Fäulniß zu ſchützen, weil er ihnen die wäſſrigen Stoffe entzieht. Viele Stoffe, welche ſich im Waſſer nicht löſen, werden vom Alkohol aufgelöſt, z. B. Harze, ätheriſche Oele u. A., und man benutzt ihn daher zur Herſtellung von Weingeiſtfirniſſen, Riechwaſſer u. dgl. Durch verſchiedene Salze, die in ihm aufgelöſt werden, wird ſeine Flamme gefärbt. (Vergl. d. Art. Verbrennung S. 740). Wenn man Weingeiſt und Waſſer zuſammenbringt, ſo erfolgt Erwärmung und Verminderung des Volumens des Gemiſches, welche bei 53,9 und 54 pCt. Alkohol am bedeutendſten iſt, und bei weiterem Zuſatz von Waſſer wieder abnimmt. Für Weingeiſt von 90 pCt. des Volumens iſt die Zu-

ſammenziehung 1,94 pCt. des Volumens; für 80 pCt. 2,87; für 70 pCt. 3,44; für 60 pCt. 3,73; für 40 pCt. 3,44; für 30 pCt. 2,72; für 20 pCt. 1,72; für 10 pCt. 0,72. Wenn man daher den Weingeiſtgehalt eines Weingeiſtes beſtimmen will, ſo muß man das ſpecif. Gewicht der verſchiedenen Miſchungen von Weingeiſt und Waſſer kennen. Hat man eine Tabelle, welche die ſpecif. Gewichte verſchiedener Miſchungen von Alkohol und Waſſer angibt, ſo braucht man bei einer unbekannten Weingeiſtſorte nur mittels des Aräometers (ſ. d. Art. Specifiſches Gewicht) das ſpecif. Gewicht derſelben zu beſtimmen, und das gefundene Reſultat in der Tabelle aufzuſuchen und abzuleſen, wie viel Procent Weingeiſt dieſelbe enthält, und wieviel Waſſer. Das ſpecif. Gew. ändert ſich aber mit der Temperatur, und man muß daher jenes, wenn man nicht bei jeder einzelnen Unterſuchung läſtige Rechnungen anbringen will, ein für allemal für die verſchiedenen Miſchungen bei verſchiedenen Temperaturen kennen. Eine ſehr genaue Arbeit hat in Berechnung ſolcher Angaben Gilpin auf Veranlaſſung der engl. Regierung angeſtellt, weil die Anwendung des Weingeiſtes ſo vielfach iſt, und dabei auf den Gehalt deſſelben ſehr viel ankommt. Nachſtehende Tabelle enthält die erhaltenen Reſultate. Zu Grunde gelegt iſt der höchſt rectificirte Weingeiſt von 0,825 ſpecif. Gewicht, welcher der ſtärkſte noch durch Deſtillation zu gewinnende Weingeiſt iſt. Das Miſchungsverhältniß iſt nach dem Gewicht angegeben, d. h. es kommen z. B. auf 100 Gewichtstheile Weingeiſt 5 Gewichtstheile Waſſer u. ſ. w.

Tafel der ſpecifiſchen Gewichte verſchiedener Miſchungen

W = Waſſer A = Alkohol	Temperatur					
	30°	35°	40°	45°	50°	55°
Reiner Alkohol.	0,83896	0,83672	0,83445	0,83214	0,82977	0,82736
100 A. geg. 5 W.	84995	84769	84539	84310	84076	83834
100 A. geg. 10 W.	85957	85729	85507	85277	85042	84802
100 A. geg. 15 W.	86825	86587	86361	86131	85902	85664
100 A. geg. 20 W.	87585	87357	87184	86905	86676	86441
100 A. geg. 25 W.	88282	88059	87838	87613	87384	87150
100 A. geg. 30 W.	88921	88701	88481	88255	88030	87796
100 A. geg. 35 W.	89511	89294	89073	88849	88626	88393
100 A. geg. 40 W.	90054	89839	89617	89396	89174	88945
100 A. geg. 45 W.	90558	90345	90127	89909	89684	89458
100 A. geg. 50 W.	91023	90811	90596	90380	90160	89933
100 A. geg. 55 W.	91449	91241	91026	90812	90596	90367
100 A. geg. 60 W.	91847	91640	91428	91211	90997	90768
100 A. geg. 65 W.	92217	92009	91799	91584	91370	91144
100 A. geg. 70 W.	92563	92355	92151	91937	91723	91502
100 A. geg. 75 W.	92889	92680	92476	92264	92051	91837
100 A. geg. 80 W.	93191	92986	92783	92570	92358	92145
100 A. geg. 85 W.	93474	93274	93072	92859	92647	92436
100 A. geg. 90 W.	93741	93541	93341	93131	92919	92707
100 A. geg. 95 W.	93991	93790	93592	93382	93177	92963
100 A. geg. 100 W.	94222	94025	93827	93621	93419	93208
100 W. geg. 95 A.	94447	94249	94058	93860	93658	93452
100 W. geg. 90 A.	94675	94484	94295	94096	93897	93696
100 W. geg. 85 A.	94920	94734	94547	94348	94149	93948
100 W. geg. 80 A.	95173	94988	94802	94605	94414	94213
100 W. geg. 75 A.	95429	95246	95060	94871	94683	94486
100 W. geg. 70 A.	95681	95502	95328	95143	94958	94767
100 W. geg. 65 A.	95944	95772	95602	95423	95243	95057
100 W. geg. 60 A.	96209	96048	95879	95703	95534	95357
100 W. geg. 55 A.	96470	96315	96159	95993	95831	95662
100 W. geg. 50 A.	96719	96579	96434	96280	96126	95966
100 W. geg. 45 A.	96967	96840	96706	96563	96420	96272
100 W. geg. 40 A.	97200	97086	96967	96840	96708	96575
100 W. geg. 35 A.	97418	97319	97220	97110	96995	96877
100 W. geg. 30 A.	97635	97556	97472	97384	97284	97181
100 W. geg. 25 A.	97860	97801	97737	97666	97589	97500
100 W. geg. 20 A.	98108	97076	98033	97980	97920	97847
100 W. geg. 15 A.	98412	98397	98373	98338	98293	98239
100 W. geg. 10 A.	98804	98804	98795	98774	98745	98702
100 W. geg. 5 A.	99334	99344	99345	99338	99316	99284

Tralles hat nach Gilpins Angaben eine andere Tabelle berechnet, in welcher der Procentgehalt dem Volumen, nicht dem Gewichte nach angegeben iſt (weil der Weingeiſt wie alle Getränke gewöhnlich nach Maß, nicht nach Gewicht verkauft wird), und bei der waſſerfreier Weingeiſt von 0,7939 ſpecif. Gew. bei 60° F. gegen Waſſer im Maximum der Dichte oder von 0,7946 ſpecif. Gew. bei 60° F. gegen Waſſer von

aus Alkohol und Waſſer bei verſchiedenen Temperaturen.

nach F.								
60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°	95°	100°
0,82500	0,82262	0,82023	0,81780	0,81530	0,81291	0,81044	0,80794	0,80548
83599	83362	83124	82878	82631	82396	82150	81900	81657
84568	84334	84092	83851	83603	83371	83126	82877	82639
85430	85193	84951	84710	84467	84243	84001	83753	83513
86208	85976	85736	85496	85248	85036	84797	84550	84038
86918	86686	86451	86212	85966	85757	85518	85272	85031
87569	87337	87105	86864	86622	86411	86172	85928	85688
88169	87938	87705	87466	87228	87021	86787	86542	86302
88720	88490	88254	88018	87776	87590	87360	87114	86879
89232	89006	88773	88538	88301	88120	87889	87654	87421
89707	89479	89252	89018	88781	88609	88376	88146	87915
90144	89920	89695	89464	89225	89043	88817	88588	88357
90549	90328	90104	89872	89639	89460	89230	89003	88769
90927	90707	90484	90252	90021	89843	89617	89390	89158
91287	91066	90847	90617	90385	90209	89988	89763	89536
91622	91400	91181	90952	90723	90558	90342	90119	89889
91933	91715	91493	91270	91046	90882	90668	90443	90215
92225	92010	91793	91569	91340	91186	90967	90747	90522
92499	92283	92069	91849	91622	91465	91248	91029	90805
92758	92546	92333	92111	91891	91729	91511	91290	91066
93002	92794	92580	92364	92142	91969	91751	91531	91310
93247	93040	92828	92613	92393				
93493	93285	93076	92865	92646				
93749	93546	93337	93132	92917				
94018	93822	93616	93413	93201				
94296	94099	93898	93695	93488				
94579	94388	94193	93989	93785				
94876	94689	94500	94301	94102				
95181	95000	94813	94623	94431				
95493	95318	95139	94957	94768				
95804	95635	95469	95292	95111				
96122	95962	95802	95638	95467				
96437	96288	96143	95987	95826				
96752	96620	96484	96344	96192				
97074	96959	96836	96708	96568				
97410	97309	97203	97086	96963				
97771	97688	97596	97495	97385				
98176	98106	98028	97943	97845				
98654	98594	98527	98454	98367				
99244	99194	99134	99066	98991				

ebenfalls 60° F. zu Grunde gelegt iſt. Hiernach enthält der von Gilpin zu Grunde gelegte Weingeiſt von 0,825 an waſſerfreiem Weingeiſt 92,6 pCt. des Volumens. Nachfolgende Tafel enthält die den ſpecif. Gew. der Miſchung (wenn das des Waſſers bei 60° F. = 9991 angenommen wird) entſprechenden Gehalte an waſſerfreiem Weingeiſt in Procenten des Volumens bei der Normaltemperatur 60° F. (= 12°,44 R.)

100 Maße der Flüſſigkeit enthalten Maße Alkohol.	Specifiſches Gewicht bei 60° F.	Unterſchiede der ſpecif. Gewichte.	100 Maße der Flüſſigkeit enthalten Maße Alkohol.	Specifiſches Gewicht bei 60° F.	Unterſchiede der ſpecif. Gewichte.
0	9991		51	9315	20
1	9976	15	52	9295	20
2	9961	15	53	9275	20
3	9947	14	54	9254	21
4	9933	14	55	9234	20
5	9919	14	56	9213	21
6	9906	13	57	9192	21
7	9893	13	58	9170	22
8	9881	12	59	9148	22
9	9869	12	60	9126	22
10	9857	12	61	9104	22
11	9845	12	62	9082	22
12	9834	11	63	9059	23
13	9823	11	64	9036	23
14	9812	11	65	9013	23
15	9802	10	66	8989	24
16	9791	11	67	8965	24
17	9781	10	68	8941	24
18	9771	10	69	8917	24
19	9761	10	70	8892	25
20	9751	10	71	8867	25
21	9741	10	72	8842	25
22	9731	10	73	8817	25
23	9720	11	74	8791	26
24	9710	10	75	8765	26
25	9700	10	76	8739	26
26	9689	11	77	8712	27
27	9679	10	78	8685	27
28	9668	11	79	8658	27
29	9657	11	80	8631	27
30	9646	11	81	8603	28
31	9634	12	82	8575	28
32	9622	12	83	8547	28
33	9609	13	84	8518	29
34	9596	13	85	8488	30
35	9583	13	86	8458	30
36	9570	13	87	8428	30
37	9556	14	88	8397	31
38	9541	15	89	8365	32
39	9526	15	90	8332	33
40	9510	16	91	8299	33
41	9494	16	92	8265	34
42	9478	16	93	8230	35
43	9461	17	94	8194	36
44	9444	17	95	8157	37
45	9427	17	96	8118	39
46	9409	18	97	8077	41
47	9391	18	98	8034	43
48	9373	18	99	7988	46
49	9354	19	100	7939	49
50	9335	19			

Die dritte Columne dieſer Tafel enthält die Unterſchiede der ſpecifiſchen Gewichte, welche für den Fall, als das gegebene ſpecifiſche Gewicht nicht genau in der Tafel vorkommt, den Nenner des Bruches geben, deſſen Zähler der Unterſchied des gegebenen ſpecifiſchen Gewichts von dem in der Tafel befindlichen nächſt größeren iſt. Z. B. das bei 60° F. gefundene ſpecifiſche Gewicht der Flüſſigkeit ſei = 9605 (Procentengehalt zwiſchen 33 und 34); ſo iſt die Differenz von 9609 (der in der Tafel nächſt größeren Zahl) = 4, alſo der Bruch = $\frac{4}{13}$, oder der Procentengehalt gleich $33\frac{4}{13}$.

Aus den Angaben dieſer Tafel läßt ſich auch der Procentengehalt an Weingeiſt nach dem Gewichte finden. Man multiplicirt nämlich die Anzahl der Maße Weingeiſt, welche die Tafel für ein beſtimmtes ſpecifiſches Gewicht der Miſchung angibt, mit dem ſpecifiſchen Gewichte des reinen Weingeiſtes, alſo mit 7939; ſo iſt die herauskommende Zahl die Anzahl der Pfunde Weingeiſt in ſo viel Pfunden, als das ſpecifiſche Gewicht mit 100 multiplicirt, angibt. Z. B. In der Miſchung von 9510 ſpecifiſchem Gewicht ſind 40 Maße Alkohol enthalten: hiernach ſind alſo in 951000 Pfunden dieſes Weingeiſtes 7939 × 40 = 317560 Pfunde Alkohol; oder in 100 Pfunden des Weingeiſtes von 9510 ſpecifiſchem Gewicht 33,39 Pfund Alkohol enthalten.

Da die vorhergehende Tafel den wahren Alkoholgehalt nur in dem Falle angibt, wenn die Flüſſigkeit, von welcher die Probe gemacht wird, die Normaltemperatur von 60° F. hat; ſo gibt nachfolgende Tafel die Procentengehalte der Flüſſigkeit bei dem für die beigeſetzten Temperaturen gefundenen ſpecifiſchen Gewichte.*)

Alkoholgehalt, Procent.	Temperatur.					
	30° F.	35° F.	40° F.	45° F.	50° F.	55° F.
0	9994	9997	9997	9998	9997	9994
5	9924	9926	9926	9926	9925	9922
10	9868	9869	9868	9867	9865	9861
15	9823	9822	9820	9817	9813	9807
20	9786	9782	9777	9772	9766	9759
25	9753	9746	9738	9729	9720	9709
30	9717	9707	9695	9684	9672	9659
35	9671	9658	9644	9629	9614	9599
40	9615	9598	9581	9563	9546	9528
45	9544	9525	9506	9486	9467	9447
50	9460	9440	9420	9399	9378	9356
55	9368	9347	9325	9302	9279	9256
60	9267	9245	9222	9198	9174	9150

*) Nach Prechtl's Technologiſche Encyklopädie.

Alkoholgehalt, Procent.	Temperatur.					
	30° F.	35° F.	40° F.	45° F.	50° F.	55° F.
65	9162	9138	9113	9088	9063	9038
70	9046	9021	8996	8970	8944	8917
75	8925	8899	8873	8847	8820	8792
80	8798	8771	8744	8716	8688	8659
85	8663	8635	8606	8577	8547	8517
90	8517	8486	8455	8425	8395	8363

Alkoholgehalt, Procent.	Temperatur.					
	60° F.	65° F.	70° F.	75° F.	80° F.	85° F.
0	9991	9987	9981	9976	9970	9962
5	9919	9915	9909	9903	9897	9889
10	9857	9852	9845	9839	9831	9823
15	9802	9796	9788	9779	9771	9761
20	9751	9743	9733	9722	9711	9700
25	9700	9690	9678	9665	9652	9638
30	9646	9632	9618	9603	9588	9572
35	9583	9566	9549	9532	9514	9495
40	9510	9491	9472	9452	9433	9412
45	9427	9406	9385	9364	9342	9320
50	9335	9313	9290	9267	9244	9221
55	9234	9211	9187	9163	9139	9114
60	9126	9102	9076	9051	9026	9000
65	9013	8988	8962	8936	8909	8882
70	8892	8866	8839	8812	8784	8756
75	8765	8738	8710	8681	8652	8622
80	8631	8602	8573	8544	8514	8483
85	8488	8458	8427	8396	8365	8333
90	8332	8300	8268	8236	8204	8171

Hat man alſo eine weingeiſtige Flüſſigkeit bei der Temperatur von 80° F. oder $21\frac{1}{3}$° R. unterſucht, und ihr ſpecifiſches Gewicht 0,9342 gefunden, ſo iſt der Alkoholgehalt 45 Procent des Volumens, oder jenes ſpecifiſche Gewicht bei jener Temperatur iſt gleich dem ſpecifiſchen Gewichte 0,9427 bei der Normaltemperatur von 60° F. Zur Erſparung der Rechnung für die Intervalle kann dieſe Tafel noch auf jeden Grad des Thermometers und jedes Procent ausgedehnt werden. Man ſieht aus derſelben, daß ein Unterſchied von 5° F. (2°,22 R.) in der Temperatur durch die Aenderung des ſpecifiſchen Gewichts der Flüſſigkeit beiläufig einem Unterſchiede von einem Volumenprocent Alkohol entſpricht, ſo daß alſo bei 35° F. (1°,33 R.) und bei 85° F. (23°,56 R.) ein und daſſelbe ſpecifiſche Gewicht der Flüſſigkeit 10 Volumprocente Alkohol mehr oder weniger anzeigt.

Es verſteht ſich von ſelbſt, daß die angegebenen Beſtimmungen nur für ſolche Miſchungen gelten, in denen kein anderer Stoff als reiner Weingeiſt und reines Waſſer enthalten ſind. Es ſind ſehr häufig andere Stoffe beigemengt, welche auf das ſpecifiſche Gewicht von Einfluß ſind. Doch ſind dieſe Stoffe bei den im Handel vom gemeinen Branntwein an vorkommenden Weingeiſtſorten nicht von der Art und in ſolcher Menge vorhanden, daß ſie eine bedeutende Aenderung des ſpecif. Gewichtes veranlaſſen.

Zur Beſtimmung des ſpecif. Gewichtes eines gegebenen Weingeiſtes kann man ſich jedes Aräometers bedienen, welches für Flüſſigkeiten leichter als Waſſer graduirt iſt. Vergl. d. Art. Specifiſches Gewicht. Man hat eigene für Weingeiſt eingerichtete Procentaräometer, welche den Namen der Alkoholometer oder Branntweinwagen führen, und deren Scalen ſo getheilt ſind, daß ſie unmittelbar die Procente des wäſſrigen Weingeiſtes nach Gewicht oder Volumen geben. Um die Scale des Alkoholometers nach Procenten des Volumens für die Temperatur 60° F. (= 12°,44 R.) einzutheilen bedient man ſich folgender von Tralles berechneter Tabelle.

Alkohol in Procenten des Volumens.	Länge des eingeſenkten Theils der Röhre.	Abſtand zwiſchen jedem Procentgrad.	Alkohol in Procenten des Volumens.	Länge des eingeſenkten Theils der Röhre.	Abſtand zwiſchen jedem Procentgrad.
0	9		29	355	11
1	24	15	30	367	12
2	39	15	31	380	13
3	54	15	32	393	13
4	68	14	33	407	14
5	82	14	34	421	14
6	95	13	35	434	14
7	108	13	36	449	15
8	121	13	37	465	16
9	133	12	38	481	16
10	145	12	39	498	17
11	157	12	40	515	17
12	169	12	41	533	18
13	180	11	42	551	18
14	191	11	43	569	18
15	202	11	44	588	19
16	213	11	45	608	20
17	224	11	46	628	20
18	235	11	47	648	20
19	245	10	48	669	21
20	255	10	49	690	21
21	266	11	50	712	22
22	277	11	51	735	23
23	288	11	52	758	23
24	299	11	53	782	24
25	310	11	54	806	24
26	321	11	55	830	24
27	332	11	56	854	24
28	344	12	57	879	25

Alkohol in Procenten des Volumens.	Länge des eingeſenkten Theils der Röhre.	Abſtand zwiſchen jedem Procentgrad.	Alkohol in Procenten des Volumens.	Länge des eingeſenkten Theils der Röhre.	Abſtand zwiſchen jedem Procentgrad.
58	905	26	80	1587	37
59	931	26	81	1624	37
60	957	26	82	1662	38
61	984	27	83	1701	39
62	1011	27	84	1740	39
63	1039	28	85	1781	41
64	1067	28	86	1823	42
65	1096	29	87	1866	43
66	1125	29	88	1910	44
67	1154	29	89	1955	45
68	1184	30	90	2002	47
69	1215	31	91	2050	48
70	1246	31	92	2099	49
71	1278	32	93	2150	51
72	1310	32	94	2203	53
73	1342	32	95	2259	56
74	1375	33	96	2318	59
75	1409	34	97	2380	62
76	1443	34	98	2447	67
77	1478	35	99	2519	72
78	1514	36	100	2597	78
79	1550	36			

Um nach dieſer Tafel ein Alkoholometer zu graduiren, ſenkt man daſſelbe (nach Prechtl) zuerſt in reinem Waſſer ein, und dann in Weingeiſt von einem beſtimmten Procentgehalt (welchen man vorher mittels des durch eine genaue hydroſtatiſche Wage bei 60° F. gefundenen ſpec. Gewichtes aus der Tafel (S. 914) entnommen hat), z. B. von 50 Procent, beide von der Temperatur 60° F., und bemerkt an der Röhre die beiden Punkte, bis zu welchen das Inſtrument in dieſen Flüſſigkeiten einſinkt. Nun zeigt die Tabelle an, daß den 50 Procenten die Länge des eingeſenkten Theils der Röhre von 712, oder von 712 — 9 = 703 zugehört, wenn von dem Punkte des Waſſers an gezählt wird. Theilt man alſo die Länge zwiſchen dieſen beiden beſtimmten Punkten in 703 Theile, und trägt nun nach der dritten Kolumne der Tafel noch weiter aufwärts 23 ſolcher Theile für den 51. Procentpunkt, dann 23 Theile für 52, u. ſ. w. und eben ſo auch 9 ſolcher Theile noch unter 0, oder dem Punkt des reinen Waſſers, ſo zeigen dann die in der zweiten Kolumne angegebenen Zahlen den relativen Abſtand von dieſem äußerſten abgeſtochenen Punkte bis zu jedem Procentgrade an, welchen man nun nach der erſten Kolumne der Tafel neben dem zugehörigen Theilungsſtrich auf die Scale ſetzt. Soll die Scale nur für Procente in einem gewiſſen Umfang, z. B. von 30 bis 80 Procent Alkohol, reichen, ſo wird das Aräometer ſo eingerichtet, daß es in dem 30 procentigen Weingeiſt bis etwas über der Kugel einſinkt; man

beſtimmt ſowohl dieſen Punkt als jenen, bis zu welchem es in dem 80 procentigen Weingeiſt einſinkt, und theilt dann dieſe Länge in 1587—367 = 1220 Theile, ſetzt von dem unteren Punkte an, auf den 380—367 = 13. Theil den 31. Procentgrad und ſo 13 Theile weiter den 32., u. ſ. f., nach den Angaben der dritten Kolumne der Tafel. Es wird hierbei vorausgeſetzt, daß der Hals des Aräometers durchgehends von gleichem Kaliber ſei. Man muß daher bei der Auswahl der Glasröhren dieſe Bedingung möglichſt nahe zu erreichen ſuchen. Variationen von etwa $\frac{1}{20}$ des Durchmeſſers haben keinen Einfluß mehr. Um auf jeden Fall ſicher zu ſein, ſenkt man das noch einzutheilende Aräometer in mehrere Flüſſigkeiten von größerem oder minderem Alkoholgehalt, der zuvor mittels des ſpecif. Gewichts durch eine genaue hydroſtatiſche Wage bei 60° F. gefunden worden iſt, und theilt nun die verſchiedenen Zwiſchenräume nach Maßgabe der Tafel in die ihnen zukommende Zahl von Theilen ein. Z. B. Man habe mittels dreier Probeflüſſigkeiten auf dem Halſe die Procentpunkte 73, 51 und 27 bemerkt, welchen nach der Tafel die Theilungs-Zahlen 1342, 735 und 332 zukommen. Wenn ſich alſo zwiſchen den Punkten 73 und 51 genau 607 ſolcher Theile eintragen laſſen, als deren 403 zwiſchen den Punkten 51 und 27 Platz haben; ſo iſt die Röhre oder der Hals von richtigem Kaliber. Iſt dieſes nicht der Fall, ſo muß der zweite Zwiſchenraum von 51 bis 73 für ſich in 607 gleiche Theile getheilt werden, bei welchen man nun, wie vorher, nach den in der Kolumne 3 der Tafel angegebenen Abſtänden, die zugehörigen Procente als 28, 29 ꝛc., und über 51 weiter 52, 53 ꝛc., anſetzt. Je unregelmäßiger der Hals iſt, deſto mehr ſolche Zwiſchenräume müſſen mittels der durch beſondere Verſuche zu beſtimmenden Procentenpunkte gemacht werden.

Dieſes Procenten-Alkoholometer gibt nur genaue Beſtimmungen für die Temperatur von 60° F. (12°,44 R.); für andere Temperaturen iſt es nothwendig, den entſprechenden wahren Procentengehalt, welcher dem unterſuchten Weingeiſte bei der Normaltemperatur zukommt, in der Tafel (S. 915) aufzuſuchen, indem man denjenigen Procentengehalt nimmt, welcher bei der beobachteten Temperatur dem nämlichen ſpecif. Gewichte entſpricht, wie der beobachtete bei 60° F. Z. B. bei 80° F. zeigte das Alkoholometer 50 Procent, welchem Gehalt bei 60° F. das ſpecif. Gewicht 0,9335 zugehört; dieſes ſpecif. Gewicht ſteht für 80° F. in einer nächſten Zahl in der Tafel dem Procentengehalt 45 gegenüber, daher der wahre Gehalt bei 60° F. 45 Procent, mit Weglaſſung des Bruches, beträgt.

Zur Erleichterung des Aufſuchens dieſer Correction dient folgende von Tralles mitgetheilte Tafel, welche unmittelbar den wahren Procentengehalt im Volumen angibt, nach den bei anderen Temperaturen von einem gläſernen Alkoholometer angegebenen Procentengehalten.

Wahrer Alkoholgehalt bei 60° F.	Angabe des Aräometers bei den Temperaturen					
	30° F.	35° F.	40° F.	45° F.	50° F.	55° F.
0	—0,2	—0,4	—0,4	—0,5	—0,4	—0,2
5	4,6	4,5	4,5	4,5	4,6	4,8
10	9,1	9,0	9,1	9,2	9,3	9,7
15	13,0	13,1	13,3	13,6	14,1	14,5
20	16,5	16,9	17,4	17,9	18,5	19,2
25	19,8	20,5	21,3	22,2	23,0	24,1
30	23,3	24,3	25,5	26,5	27,6	28,8
35	27,7	28,9	30,2	31,4	32,6	33,8
40	32,5	33,8	35,1	36,5	37,7	38,9
45	37,8	39,1	40,3	41,5	42,7	43,8
50	43,1	44,2	45,4	46,6	47,7	48,9
55	48,3	49,4	50,5	51,6	52,8	53,9
60	53,4	54,5	55,6	56,7	57,8	58,9
65	58,4	59,5	60,6	61,7	62,8	63,9
70	63,5	64,6	65,7	66,8	67,9	69,0
75	68,6	69,7	70,7	71,8	72,9	74,0
80	73,7	74,8	75,8	76,9	78,0	79,0
85	78,8	79,8	80,9	81,9	83,0	84,0
90	84,0	85,1	86,1	87,1	88,1	89,1

Wahrer Alkoholgehalt bei 60° F.	Angabe des Aräometers bei den Temperaturen				
	65° F.	70° F.	75° F.	80° F.	85° F.
0	0,2	0,6	1,0	1,4	1,9
5	5,3	5,8	6,2	6,7	7,3
10	10,4	11,0	11,6	12,3	13,0
15	15,6	16,3	17,1	18,0	19,0
20	20,8	21,8	22,9	23,9	25,0
25	25,9	27,1	28,3	29,5	30,7
30	31,2	32,3	33,5	34,6	35,9
35	36,3	37,5	38,6	39,7	40,9
40	41,2	42,4	43,5	44,6	45,8
45	46,2	47,3	48,5	49,6	50,8
50	51,1	52,2	53,4	54,5	55,6
55	56,1	57,2	58,3	59,4	60,5
60	61,1	62,2	63,3	64,4	65,5
65	66,0	67,1	68,2	69,3	70,4
70	71,0	72,1	73,2	74,3	75,4
75	76,0	77,1	78,2	79,2	80,3
80	81,0	82,1	83,1	84,1	85,2
85	86,0	87,0	88,0	89,0	90,0
90	91,0	91,9	92,8	93,7	94,6

Anmerkung. Das in der oberſten Reihe vor den Zahlen ſtehende Zeichen — bedeutet, daß hier das Aräometer unter 0 ſteht.

Alle Flüſſigkeiten, welche Weingeiſt enthalten, heißen Weine. Sie ſind ein Erzeugniß der geiſtigen Gährung, welche eintritt, ſobald zucker- oder ſtärkmehlhaltige organiſche Subſtanzen in Verbindung mit Waſſer und einer ſtickſtoffhaltigen organiſchen Subſtanz (Ferment) einer angemeſſenen Temperatur (8 bis 20° R.) ausgeſetzt ſind.*) Die Weine erhalten je nach den Subſtanzen, aus denen ſie genommen, verſchiedene Namen (Weine im engen Wortſinn, Bier, Cyder, Meth u. ſ. w.). Auch der aus den Weinen durch Deſtillation (ſ. oben) gewonnene einfache Weingeiſt erhält verſchiedene Namen. Aus Traubenwein erhält man Weingeiſt, Franzbranntwein, Cognac u. ſ. w.; aus Malz, Kartoffeln u. dgl. Branntwein; aus Zuckerſyrup Rum, Taffia; aus Palmwein (Toddy), der aus den Blumenkolben der Kokospalme erhalten wird, für ſich oder in Verbindung mit Reis und Zuckerſyrup Arak, Rak. Aller einfacher Weingeiſt hat einen eigenthümlichen Beigeruch und Beigeſchmack, der von den ätheriſchen Theilen der zu Grunde liegenden Stoffe herrührt, und welcher bei den edlern Weingeiſttheilen angenehm, aber bei dem Getreide- und Kartoffelbranntwein höchſt unangenehm iſt. Von dieſem Fuſel wird der Branntwein befreit, indem man ihn mit friſchgeglühter Kohle digerirt und abzieht.

Der Weingeiſt iſt eine ſehr leicht bewegliche waſſerhelle Flüſſigkeit, welche unter gewöhnlichem Luftdruck wie ſchon bemerkt wurde, bei 61 bis 62° R. ſiedet. In der Kälte wird der Weingeiſt nicht feſt, doch will ihn Hutton nach einer geheim gehaltenen Methode bei — 63° R. zum Gefrieren gebracht haben. Er bricht ferner das Licht ſtark, iſt eine Nichtleiter der Elektricität, riecht angenehm geiſtig und ſchmeckt ſtark geiſtig brennend. Er wirkt berauſchend und kann im reinſten Zuſtande innerlich genommen als Gift, ſogar tödtlich wirken. Er iſt ſehr entzündlich, und reagirt weder ſauer noch alkaliſch. Der Weingeiſt abſorbirt wie das Waſſer die meiſten Gaſe, zum Theil in größern Quantitäten als jenes; löſt viele Salze auf, und geht (der abſolute Alkohol) mit mehren derſelben feſte kryſtalliſirbare Verbindungen nach ſtöchiometriſchen Verhältniſſen ein (ähnlich wie Waſſer als Hydrat oder Kryſtalliſationswaſſer), und bildet ſo Alkoholate. Die organiſchen Säuren, Aetherarten, ätheriſchen Oele, Harze u. v. a. Stoffe ſind in Weingeiſt leicht löslich, worauf ein Theil ſeiner vielfachen Anwendung beruht.

*) Die Weine werden im Großen durch geiſtige Gährung aus den Säften der Trauben, ſüßen Obſtarten, Getreidekörnern, mehligen Wurzeln (Kartoffeln) u. ſ. w. gewonnen. — Werden verdünnte zuckerige Säfte in Verbindung mit einer ſtickſtoffhaltigen organiſchen Subſtanz, in den Säften gelöſtem Kleber, oder Hefe, einer Temperatur von 8 bis 20° R. ausgeſetzt, wobei nur anfangs Luftzutritt nöthig iſt, ſo verändern ſie ſich bald, der Zucker wird zerlegt in Kohlenſäure, welche mit ziſchendem Geräuſch unter Aufbrauſen entweicht, und Weingeiſt. Hierbei erhöht ſich die Temperatur, die Flüſſigkeit wird trübe und es ſcheidet ſich Hefe aus. Dieſe Erſcheinungen dauern unter günſtigen Umſtänden bei gehörigen Mengenverhältniſſen von Zucker, Kleber u. ſ. w. und Waſſer ſo lange fort, bis aller Zucker zerlegt iſt; die Hefe lagert ſich ab, die Flüſſigkeit wird klar und hat allen ſüßen Geſchmack verloren, dagegen einen geiſtigen Geruch und Geſchmack angenommen.

Wendekreiſe heißen die zwei Parallelkreiſe des Aequators, welche zu beiden Seiten des Aequators von dieſem um die Größe der Schiefe der Ekliptik (ſ. d. Art.) d. h. um 23°28′ entfernt ſind. Der auf der nördlichen Halbkugel liegende heißt der Wendekreis des **Krebſes**, der andere auf der ſüdlichen Halbkugel der Wendekreis des **Steinbocks**. Dieſelben werden ſowohl an der Himmelskugel als auf der Erdkugel unterſchieden und ſchließen auf dieſer die heiße Zone (ſ. d. Art. **Erde** S. 269) ein. Die Sonne geht auf ihrem ſcheinbaren jährlichen Laufe bis zu beiden Wendekreiſen und kehrt von ihnen wieder nach dem Aequator zurück (daher ihr Name) und zwar haben wir Sommers Anfang, den längſten Tag, wenn die Sonne im Wendekreiſe des Krebſes ſteht, Winters Anfang, den kürzeſten Tag, wenn dieſelbe im Wendekreiſe des Steinbocks ſich befindet. Für die Bewohner der ſüdlichen gemäßigten Zone findet das Gegentheil ſtatt. Die **Wendepunkte** oder **Solſtitien** ſind diejenigen Punkte der Ekliptik, welche am weiteſten vom Aequator entfernt ſind, oder diejenigen Punkte der ſchief gegen den Aequator geneigten Ekliptik, durch welche mit dem Aequator parallel die Wendekreiſe gezogen ſind. Die **Sommerwende** iſt der höchſte dieſer beiden Punkte, welchen die Sonne an dem angegebenen Tage nämlich gegen den 21. Juni erreicht, während ſie zu dem andern der **Winterwende** am 22. December gelangt.

Wetter, Witterung iſt die Geſammtheit aller zu einer gewiſſen Zeit in der Atmoſphäre auftretenden Erſcheinungen; vorzugsweiſe werden **Wetter** die Gewitter, d. h. die Erſcheinungen von Blitz und Donner genannt. Die Unterſcheidung in gutes oder ſchönes und ſchlechtes Wetter, gute und ſchlechte Witterung, bezieht ſich nur auf das Wohlbefinden des Menſchen bei einem gewiſſen Zuſtand der Atmoſphäre, ſo daß man gutes Wetter denjenigen Zuſtand der Atmoſphäre nennt, wo die Luft rein und heiter, daher auch hell iſt und außerordentliche Erſcheinungen gar nicht auftreten. Für den Meteorologen hat darum das gute Wetter grade das geringſte Intereſſe, und überdieß wäre ein anhaltend ſchönes Wetter in dem angegebenen Sinne weder für den Menſchen noch für die Natur förderlich, indem namentlich Regen und Gewitter zum Gedeihen alles Natürlichen höchſt nothwendig ſind. Obſchon man von vielen atmoſphäriſchen Naturerſcheinungen die Gründe erforſcht hat, ſo iſt man doch noch keinesweges dahin gelangt, eine ſolche Geſetzmäßigkeit unter ihnen ſelbſt, eine Regelmäßigkeit in ihrer Aufeinanderfolge entdeckt zu haben, wie man ſie z. B. in den Erſcheinungen des Weltraumes (auf dem Gebiete der Aſtronomie) aufgefunden hat. Man hat die Witterung nicht mit geringerem Fleiße beobachtet als die Geſtirne und doch bis jetzt noch ſo wenig auch nur eine Spur von Regelmäßigkeit in derſelben wahrgenommen, daß man ſich veranlaßt fühlen könnte anzunehmen, die Natur ſei allein in dieſer Beziehung nicht geſetzmäßig. Es leidet indeß keinen Zweifel, daß, da wir bei allen einzelnen Meteoren einen beſtimmten Zuſammenhang zwiſchen Urſache und Wirkung erkennen, auch ein ſolcher in der Geſammtheit aller Meteore Statt finden müſſe. Die Erſcheinungen in der Atmoſphäre ſind

nur, weil ſie uns ſo nahe liegen, zu unendlich mannigfaltich und vielfach modificirt, als daß wir zu einem ruhigen Ueberblick über dieſelben zu kommen vermögen. Wären unſere Sinne ſo ſcharf und ſo großartig ausgebildet, daß wir nicht bloß die großartigſten, ſondern auch die unzähligen kleinern von uns jetzt nicht einmal geahnten Vorgänge im Weltraume (die es gewiß gibt) zu erblicken vermöchten, ſo würde unſer Verſtand wahrſcheinlich durch die Menge des Geſehenen ſo verwirrt werden, daß wir wahrſcheinlich auch nicht zu derjenigen aſtronomiſchen Erkenntniß gelangt ſein würden, die wir gegenwärtig beſitzen. Man hat ſich indeß bemüht, wenigſtens zu einiger Kenntniß über die zu erwartende Witterung zu gelangen, und in dieſer Beziehung auf allerlei Anzeichen Rückſicht genommen. So wenig wiſſenſchaftlich die meiſten dieſer Anzeichen auch ſind, ſo haben ſie doch ein großes Intereſſe, da ſie das einzige ſind, was wir in Beziehung auf Vorausbeſtimmung des Wetters kennen. Günther hat dieſelben wie folgt, zuſammengeſtellt. Nach Baco deutet ein heitrer Herbſt auf einen ungeſtümen, windigen Winter; ein windiger Winter auf einen regneriſchen Frühling; ein regneriſcher Frühling auf einen heitern Sommer, und ein heitrer Sommer auf einen ungeſtümen, windigen Herbſt. Nach eben dieſem bedeutet ein feuchter und kühler Sommer einen harten Winter; ein heißer und trockner Sommer, beſonders wenn ſich die warme und trockene Witterung weit in den September hinein erſtreckt, läßt einen gelinden Anfang des Winters erwarten, aber es erfolgt gern Kälte gegen das Ende und im Anfange des Frühlings; ein gelinder und warmer Winter iſt der Vorbote eines heißen und trockenen Sommers, beſonders, wenn es im Winter viel regnet. Viel Schnee und Froſt in den Monaten Oktober und November läßt im Januar und Februar gelinde Witterung vermuthen. Iſt es gegen das Ende des Octobers und Anfang Novembers größtentheils warm und regneriſch, ſo ſind der Januar und Februar ungemein froſtig und kalt, es wäre denn zuvor ein ſehr trockener Sommer geweſen. Herrſcht in den letzten 18 Tagen des Februars und in den erſten 10 Tagen des März eine regneriſche Witterung, ſo iſt dieſe auch im Frühlings- und Sommertrimeſter zu befürchten. Ereignen ſich im Frühjahre Ueberſchwemmungen und tritt das Grundwaſſer häufig hervor, ſo darf man im folgenden Sommer große Hitze und eine Menge Ungeziefer erwarten.

Der Engländer Dr. Kirwan hat aus langjährigen Beobachtungen neulichſt verſucht, Regeln der Wahrſcheinlichkeit für die Vorausbeſtimmung der Witterung in den verſchiedenen Jahreszeiten feſtzuſtellen. Zufolge der Beobachtungstabellen, die man in England von dem Jahre 1677 bis 1789 gemacht hat, fand er: 1) daß, wenn vor oder gleich nach dem Frühlings-Aequinoctium kein Gewitter entſteht, der Sommer alsdann ungemein trockene Witterung hat; unter 6 Mal trifft dieſes wenigſtens 5 Mal ein. 2) Kommt ein Gewitter von Oſten am 19. 20. oder 21. Mai, ſo herrſcht im folgenden Sommer unter 5 ſicher 4 Mal ebenfalls trockene Witterung. 3) Ebenſo folgt in demſelben Verhältniſſe, daß unter 5 wenigſtens 4 Sommer trocken ſind, wenn im Maimonate am 26. 27. oder 29. ein Gewitter erſcheint. 4) Kommt vom 12. bis

22. März ein Gewitter von Weſten her, ſo gibt es insgemein unter 6 Sommern 5, deren vorherrſchende Witterung feucht iſt. Man ſieht aber leicht die Ungewißheit dieſer Vorausſetzungen, da der Zuſammenhang zwiſchen dieſen Geſtaltungen der zukünftigen Witterung und den darauf hindeutenden Vorerſcheinungen nicht wohl einzuſehen iſt. Als allgemeine aus einer langjährigen Erfahrung abgezogene Grundſätze dürften in dieſer Hinſicht wohl folgende von mehrer Zuverläſſigkeit ſein: 1) Auf einen feuchten Herbſt und einen milden Winter folgt gemeiniglich ein kaltes und trockenes Frühjahr. 2) Auf einen naſſen Sommer hat man einen ſtrengen Winter zu erwarten, und da feuchte Sommer eine große Fruchtbarkeit des Weißdorns, Fuchsſchwanzes und mehrer anderer Pflanzen zur Folge haben, ſo hat man aus der Fruchtbarkeit derſelben auf einen ſtrengen Winter, als Vorzeichen, geſchloſſen. 3) Erſcheinen die Kraniche und andere Zugvögel frühzeitig im Herbſte zum Abzuge, ſo iſt dieß ein Vorzeichen eines frühen und ſtrengen Winters; kommen ſie frühe im Frühlinge an, ſo iſt baldiges Frühlingswetter zu erwarten. 4) Singt die Grasmücke eher, als der Weinſtock anſchlägt, ſo zeigt ſolches einen angenehmen und warmen Sommer an. 5) Zeigen ſich die Meiſen im Herbſte frühe in den Gärten oder in den Städten, ſo erfolgt ein früher und kalter Winter. 6) Läßt ſich der Gukuk ſchon im März hören, klappern die Störche alsdann viel, und ſieht man häufig wilde Enten, ſo iſt ein ſchöner Frühling und warmer Sommer zu erwarten. 7) Sind die Krametsvögel und Lerchen fett, ſo folgt gewöhnlich ein harter Winter. 8) Wenn die Weſpen ſich bald gegen den anfangenden Herbſt in die Erde verkriechen, ſo deutet ſolches auf einen nahen Winter. 9) Regnet es im Mai häufig, ſo wird es zwar im September, aber nicht ſehr viel, regnen, und umgekehrt. 10) Ein regneriſcher Winter kündigt ein ſchlechtes Frühjahr, ein ſtrenger Herbſt einen ſtürmiſchen Winter an. Einen höheren Grad von Gewißheit, als die hier überhaupt angegebenen Vorzeichen einer erſt lange nachher eintretenden Witterung, haben indeß ſolche, welche auf eine mehr oder weniger nahe bevorſtehende Veränderung derſelben hindeuten.

Regen und ſtürmiſche Witterung ſteht zu erwarten, wenn die Hühneraugen an den Zehen mehr als gewöhnlich ſchmerzen und eine brennende Empfindung verurſachen, wenn alte geheilte Wunden, Knochenbrüche ꝛc. wieder zu ſchmerzen anfangen, wenn gichtiſche und rheumatiſche Beſchwerden an Heftigkeit zunehmen, wenn die Hände ſehr trocken und glatt werden, daß alles, was man anfaßt, gleichſam aus denſelben glitſcht; wenn die Schafe und Widder ganz ungewöhnlich ſpringen, ſich unter einander ſtoßen, die Kühe und Rinder Abends mit ungewöhnlichem Geblöcke von der Weide in ihre Ställe laufen, die Zugochſen bei ihrer Arbeit die Köpfe in die Höhe richten und nach Luft ſchnappen, ſich oft belecken, die Schweine laufen und ſpringen, wenn ſie Gras, Heu, Stroh oder ſonſt etwas beiſammen liegen finden, ſolches mit Wuth aus einander reißen und zerſtreuen, die Eſel die Ohren ſchütteln, mehr als gewöhnlich ſchreien, ſich an Bäumen, Wänden ꝛc. reiben, die Hunde launiſch werden, nicht freſſen wollen und die Erde ſcharren, die Katzen ſich mit den Pfoten an die Ohren und das Geſicht

ſtreichen, ſich belecken und putzen, die Hirſche unter ſich kämpfen und ſich ſtoßen, die Wölfe und Füchſe heulen; wenn die Waſſervögel, z. B. der Seerabe, die Möve ꝛc. das Meer verlaſſen und an's Land kommen, die Landvögel, namentlich die Gänſe, Enten ꝛc. in's Waſſer gehen, darin große Bewegung machen und laut ſchreien, wenn Raben und Krähen ſich in Haufen ſammeln und hierauf plötzlich verſchwinden, Aelſtern und Krähen in Schwärmen zuſammen kommen und großes Geſchrei machen; wenn Reiher und Falken niedrig fliegen, und die Schwalben dicht über die Waſſerfläche hin ſtreichen; wenn zahmes Geflügel ſich im Sande wälzt und ſeine Flügel ſchüttelt, der Hahn früh und Abends kräht und die Flügel ſchlägt, die Lerchen und Sperlinge frühe Morgens ſingen und zwitſchern, die Tauben ſchnell und häufig nach ihren Neſtern fliegen, ſich darin verbergen, die Turteltauben oft und ſtark girren, die Pfauen viel und beſonders Nachts ſtark ſchreien; wenn die Fiſche über das Waſſer in die Höhe ſpringen, die Krebſe aus ihren Löchern kommend am Ufer und im Waſſer im Sande hin- und her kriechen, die Fröſche heftiger als gewöhnlich quaken, die Seehunde und Delphine bei ſtillem Wetter ſich auf und nieder werfen; wenn die Bienen im Sommer nicht weit ausfliegen oder gar in ihren Stöcken bleiben, die Regenwürmer häufig aus der Erde kommen, die Spinnen aus ihrem Gewebe fallen, die Fliegen auf eine mehr als gewöhnliche Art unruhig und beſchwerlich werden, die Ameiſen ſich ebenſo, wie die Bienen, ſchnell in ihre Wohnungen begeben, die Mücken mehr als gewöhnlich ſingen, Ratten und Mäuſe ſehr unruhig werden, und die Maulwürfe größere Haufen als gewöhnlich aufwerfen.

Schöne und heitere Witterung darf man erwarten, wenn die Hühner Abends (Nachmittags) frühe auffliegen, wenn die wilden Gänſe, Störche und Kraniche in Ordnung und gleichem Fluge ſtill fortziehen, die Nachteulen Abends ohne Geſchrei auffliegen, ſich die Raubvögel jagen und mit einander ſpielen, die Raben und Krähen ſehr frühe und laut ſchreien und ſich munter und fröhlich zeigen, die Singvögel viel und ſtark ſingen, die Lerchen hoch in der Luft fliegen, die Geier ſich ſehr in die Höhe ſchwingen, der Johanniswurm in der Nacht ſehr glänzt, die Bienen weit von ihren Stöcken wegfliegen und ſpät zurückkommen, die Mücken gegen Sonnenuntergang in der freien Luft ſpielen, am Morgen Horniſſen und Wespen in großer Anzahl erſcheinen, und die Spinnen *) in der Luft, oder auf dem Graſe, oder an den Bäumen

---

*) Ueber die Spinnen, als Witterungsvorzeichen, verdienen vorzüglich die Beobachtungen des holländiſchen Generals Quatremère D'Jsjonval beachtet zu werden, der im Jahre 1787 verhaftet wurde und während einer $8\frac{1}{2}$ jährigen Gefangenſchaft ſich mit dieſen Thieren befreundete, und ſie in dieſer Hinſicht ſehr genau beobachtete. — Die von ihm gemachten Beobachtungen wurden ſpäterhin auch durch die des Herrn von Oeynhauſen beſtätigt mit der Bemerkung, daß zur erwünſchten Empfindlichkeit der Spinnen für Witterungsveränderungen es eine Hauptſache ſei, die Spinnen faſten und ihnen nicht merken zu laſſen, daß man ſie beobachte. Je weiter

weben. Verbergen ſich die Hühner während eines Regens und ſuchen ein Obdach, ſo hält derſelbe nicht lange an; Gegentheils aber dauert derſelbe länger fort. Vorzüglich bedient man ſich aber auch des Blutegels als eines Barometers, und empfiehlt dazu folgendes Verfahren: Man bringt einige derſelben in ein 8 Unzenglas (16 Loth Waſſer haltendes Glas), und füllt ſolches $\frac{2}{3}$ hoch mit Quellwaſſer, wobei man den Boden deſſelben zugleich mit weißem Sande oder Moor bedeckt. Da die Blutegel nur durch Ausſchwitzen ausleeren, und die dabei von ihnen gehende Materie ihren Körper wie eine Haut umgibt, ſo würde dieſelbe bald die Hautporen verſtopfen, und ſo für das Thier tödtlich werden, wenn man nicht Sand beigegeben hätte, an welchem es dieſe Hülle abreiben kann, die, auf dieſe Art abgelöſt, im Waſſer herumſchwimmt, das alle Wochen erneuert werden muß, und nicht viel kälter ſein darf, als die innere Fläche der Flaſche iſt; bei 10—12° R. ſcheinen ſich dieſe Thiere am beſten zu befinden. Liegen ſie am Boden des Glaſes ſtill, ausgeſtreckt oder gewunden, ſo zeigt dieſes im Sommer helles und ſchönes Wetter an, im Winter hingegen trockene Kälte; ſind ſie unruhig, ſo deutet ſolches auf Wind. Zieht ſich der Blutegel nach oben, ſo entſteht Regen, oder im Winter Schnee; iſt er in ſtarker Bewegung und ſetzt ſich außerhalb des Waſſers an's Glas, ſo deutet dies auf ungeſtüme Witterung, oder es iſt ein Gewitter im Anzuge. Auch des Laubfroſches bedient man ſich zu eben dieſer Abſicht. Man ſetzt ihn am beſten in recht große und geräumige Gläſer, füllt ſie beinahe bis zur Hälfte mit Waſſer und ſtellt eine kleine Leiter oder einen Stuhl darein, der aber über dem Waſſer hervorragen muß, und verdeckt ſodann das Glas. In dem Deckel deſſelben müſſen mehre kleine Oeffnungen ſein, damit die freie Luft auf den Froſch wirken kann. Je reiner und heiterer, folglich je elaſtiſcher die Luft iſt, deſto behaglicher fühlt ſich das Thier, und ſitzt ruhig auf ſeiner Bank, oder klebt am Glaſe; ſobald aber die Luft an ihrer Elaſticität verliert, ſo wird er unruhig, gibt ſeine Aengſtlichkeit durch langes Schreien zu erkennen, und nimmt zuletzt ſeine Zuflucht dahin, wo er ſich gegen die Gefahr geſchützt ſieht, — er ſpringt in's Waſſer. Bei lange anhaltendem Regen bleibt er beſtändig in demſelben, ſtreckt ängſtlich ſeine Füße aus und ſcheint convulſiviſche Zufälle zu bekommen. Nur der Reiz einer in das Glas gelaſſenen Fliege kann ihn bewegen, auf einige Augenblicke in die Höhe zu ſteigen. Unter den Fiſchen dienen als Wetteranzeiger namentlich das

---

alsdann die Spinne vorne in ihrem Neſte ſitzt, und je weiter ſie ihre Vorderbeine hervorſtreckt, um ſo länger kann man auf gutes Wetter rechnen; je weiter ſie ſich aber mit umgekehrtem Leibe hinten in's Loch verkriecht, deſto anhaltender ſchlechte Witterung ſteht zu erwarten. Die großen oder alten Spinnen ſollen das Wetter weit genauer anzeigen, als die jungen. Wegen eintretender Zufälligkeiten aber iſt es räthlich, mehre zu beobachten. Wenn man um 10 Uhr (Morgens) die Spinne im Mittelpunkte ihres Netzes antrifft, und ſie daſſelbe mit ihren Füßen rüttelt, ſo iſt einer der ſchönſten Tage zu erwarten.

chineſiſche Goldfiſchchen (Cyprinus auratus) und der Schlammbeißer (Cobitis fossilis). Man ſetzt ſie in eine mit Fluß- oder Regenwaſſer verſehene bauchichte Flaſche, welche zugleich ein wenig Sand oder fette Erde enthält. In dieſem Behältniſſe wird der Fiſch 24 Stunden vor dem Eintritte eines Sturms oder Gewitters unruhig, trübt das Waſſer und ſteigt in demſelben auf und ab, da er hingegen bei ſtiller Witterung ruhig auf dem Boden liegt. Man kann einen ſolchen Fiſch Jahre lang im Zimmer erhalten, wenn man ihn nur im Sommer zwei Mal und im Winter ein Mal in der Woche mit friſchem Waſſer und Sande verſieht; im Winter muß ihm ein geheiztes Zimmer, und zwar eine Stelle nahe am Fenſter, angewieſen werden.

Daß verſchiedene Pflanzen die Witterung ſowohl einzelner Tage, als auch der Jahreszeiten überhaupt zum voraus anzeigen, beſtätigen die Beobachtungen älterer und neuerer Botaniker. So ſchließen z. B. die Ackerwinde (Convolvulus arvensis), das Gauchheil (Anagallis arvensis), das Vogelkraut (Alsine media), die Ringelblume, der Klee ꝛc. ihre Blätter und Blumen, wenn ein Regen ſich nähert. Bleiben die Blüthen der ſibiriſchen Saudiſtel (Sonchus sibiricus) die ganze Nacht über offen, ſo kann man den folgenden Tag auf Regen rechnen. Lord Baco bemerkt, daß der Klee ſeinen Stengel mehr aufrichtet, wenn es regnen will. Eben dieſer erwähnt einer kleinen rothen, auf Stoppelfeldern wachſenden Blume, welche die Landleute in England Wincopipe nennen, die, wenn ſie des Morgens ſich öffnet, ihnen einen ſchönen Tag zuſichert. Bleiben die Blätter der Bioke noch zu Ende des Herbſtes vertrocknet und gelb an den Bäumen hangen, ohne abzufallen, ſo ſoll ſolches einen harten Winter anzeigen. Wenn die Herbſt- oder Wieſenzeitloſe (Colchicum autumnale) gleich Anfangs September blüht, ſo ſoll ein früher und harter Winter folgen; Gegentheils aber derſelbe ſpät eintreten und gelind ſein, wenn ihre Blüthe erſt im October zum Vorſchein kommt. Zeigt die Chriſtwurz (Helleborus niger) im December, Januar und Februar, wo ſie zu blühen pflegt, nur wenige oder gar keine Blumen, ſondern kommen blos Blätter zum Vorſcheine, ſo ſteht ein kühler und naſſer Frühling bevor. Aus dem Blühen des Heidekrauts (Ericae herba) im Herbſte wiſſen die Jäger und Landleute die Strenge des kommenden Winters zu beſtimmen, und irren ſich hierin ſelten; blüht daſſelbe nur ſehr ſparſam, ſo ſteht ein milder Winter bevor, und ſo umgekehrt. Tragen die Eichen viel Maſt, ſo iſt dieß ein Vorzeichen eines ſtrengen und langen Winters. Eben dieſes hat man auch an den Hambutten und am Weißdorne wahrgenommen. Iſt das Pfriemenkraut (Spartium, Genistae herba) voller Blüthe, ſo ſoll dieß insgemein auf ein fruchtbares Jahr hindeuten. Ein hoher Wärmegrad und eine reichliche Getraideerndte ſtehen zu erwarten, wenn die Mandelbäume (Amygdalus communis) ſtark blühen.

Der Witterungsvorzeichen an unorganiſchen oder unbelebten Körpern gibt es eine unzählige Menge. Hier einige der auffallendſten. Zeichen des bevorſtehenden Regens ſind: wenn das Holz anfängt anzuſchwellen, die Steine naß werden, das Eiſen zu ſchwitzen ſcheint; ebenſo, wenn die Saiten an muſikaliſchen Inſtrumenten ſpringen, das

Leinen an Gemälden und aufgeſpanntes Papier erſchlaffen, wenn das Salz feucht wird, ſich um die Lichtflamme ein Kreis zeigt, die Teiche trüb und ſchmutzig werden, und die Abtritte einen ſchwefelwaſſerſtoffartigen Geruch verbreiten. Die Glocken werden weiter und ſtärker gehört; denn wenn die Luft über dem Entſtehungsorte des Schalls ſehr feucht iſt, ſo drückt ſie den Schall nieder, oder vielmehr, der Schall kann ſich alsdann, wegen verminderter Elaſticität der Luft, ohne in die höheren Regionen derſelben zerſtreuet zu werden, weiter und ſtärker in einer beſtimmten Richtung fortpflanzen, daher man ihn in größerer Entfernung und ſtärker vernimmt, als wenn die Luft von ſolchen Dünſten frei iſt. Es ſteht ſonach Regen des folgenden Tages zu erwarten, wenn Nachts der Schall der Glocken, das Gebrauſe des Waſſers, das Geſchrei der Thiere, der Geſang der Vögel u. dgl. vernehmlicher gehört wird, als zu andern Zeiten. — Fangen die Fenſter im Winter in ungeheizten Zimmern von außen an zu beſchlagen oder gar zu frieren, ſo tritt bald Thauwetter ein. — Es deutet auf Regen, wenn hohe Berge rauſchen, Wälder oder Thürme in der Luft blauer und finſterer erſcheinen, als ſie gewöhnlich geſehen werden. — Die Wolle ſchwillt an und vermehrt ſich dem Raum und Gewichte nach, wenn feuchte Witterung eintreten will; das Mehl wird feſter und ballt ſich in Klumpen zuſammen, die Fleiſchtonnen, worin Fleiſch eingeſalzen worden, ſchlagen von außen aus, die Federn ſchwellen auf und ballen ſich zuſammen, und ebenſo läuft das Leder zuſammen und wird kürzer, wenn feuchte Witterung bevorſteht. — Löſ't ſich der Ruß in den Kaminen und Rauchfängen von ſelbſt und fällt herab, ſteigt der Rauch dick aus den Schornſteinen auf und ſchlägt ſich nieder, ſo deutet ſolches auf eine mit Feuchtigkeit erfüllte Atmoſphäre und auf bevorſtehenden Regen.

Außer dieſen hier angegebenen, hat man auch verſchiedene Erſcheinungen im Dunſtkreiſe unſerer Atmoſphäre ſowohl, als an den Geſtirnen, als Zeichen bevorſtehender Wetterveränderung, beobachtet.

Iſt der Himmel bewölkt und weht der Wind, ſo folgt gewöhnlich bald bald darauf Regen. — Die Wolken ſind Vorzeichen des Regens, wenn ſie ſich anhäufen und wie Felſen und Berge über einander ſich anſammeln. — Setzen ſich Wolken auf die Spitzen der Berge, ſo ſind ſie Vorboten rauher Witterung. — Kommen die Wolken von Süden und ändern oft ihre Richtung, ſo erfolgt Regen; ſind ſie des Abends in Nordoſt zahlreich, oder kommen ſolche ſchwarz und dunkel von Oſten her, ſo deutet dies auf Nachtregen. — Findet ein ſchnelles Entſtehen und Wiederverſchwinden der Wolken an ſchönen Tagen Statt, ſo iſt das heitere Wetter verdächtig, und läßt einen baldigen Wechſel ahnen. — Ziehen die Wolken von Weſten herauf, ſo regnet es am folgenden Tage. — Sammeln ſich dieſelben in baumwollähnlichen Flocken, ſo darf man innerhalb 2—3 Tagen Regen erwarten. — Erſcheinen die Wolken gegen die Mitte des Tages in Südweſt, ſo deutet dieſes auf Sturmwind und Regen in der kommenden Nacht. — Iſt der Himmel Morgens mit Wolken bedeckt, und die Luft ruhig, dann iſt ein eingetretener Regen von keiner Dauer, und die Strahlen der Sonne durchdringen bald die Wolken; ſind der Wolkenſchichten aber mehre, und herrſchen feuchte

Winde, ſo hält der Regen lange an. — Scheinen die Wolken bei Sonnenuntergange am Saume vergoldet zu ſein, oder verſchwinden ſie, ziehen kleine Wolken gegen den Wind, ſind ſie weiß oder ſchuppenähnlich, nachdem ſie über dem Horizont aufgegangen, ſo ſind dieß alles Zeichen einer guten Witterung. — Wenn ſich Morgens viele kleine Wolken von weißer Farbe haufenweiſe geſammelt haben, oder das ſind, was man die »Schäfchen« nennt, ſo wird es ſchönes Wetter; eben ſo verkündigen die Wolken, die großen weißen Bergen oder Schneehaufen ähnlich ſind, helles Wetter, die ſchwarzen und bleifarbigen, beſonders, wenn ſie niedrig ſtehen, Wind. — Als Zeichen an der Sonne, erwartet man Regen, wenn ſich dieſelbe verdunkelt und gleichſam im Waſſer badet, wenn dieſelbe roth aufgeht und ihre Strahlen mit ſchwarzen oder ſchwärzlichen Streifen untermiſcht ſind, wenn ſie hinter einer dicken Wolke ſteht, wenn ſie im Oſten von einem rothen Himmel umgeben iſt. — Sieht man der Sonne gegenüber einen hellen Schein am Himmel, von Geſtalt wie der Fuß eines Regenbogens, welches man eine »Windgalle« nennt, ſo erfolgt in Kurzem ein Sturm. — Die Nebenſonnen ſind Vorzeichen von anhaltend ungeſtümem Wetter und Regen; der Hof oder ein ſchwärzlicher Umſchweif um die Sonne deutet auf Kälte; erhebt ſich dabei Wind, ſo erfolgt zur Winterzeit insgemein Schnee. — Schönes Wetter verkündigt der Anblick der Sonne, wenn in der Nacht der Himmel klar iſt, und die Sonne wolkenlos aufgeht, wenn ſich die Wolken, die ſie bei ihrem Aufgange umgeben, nach Weſten hin bewegen, oder, wenn ſie von einem Kreiſe umgeben iſt und ſich von allen Seiten auf gleiche Weiſe entfernt, dann läßt ſich andauernd ſchöne Witterung erwarten. — Geht die Sonne mitten unter rothen Wolken unter, ſo iſt dieß eine Anzeige für gute Witterung; dieſes, ſo wie die Morgenröthe, mit trüber Luft umgeben, als Vorbote eines regneriſchen Tages, findet man bei dem Evangel. Matth. C. 16. V. 2. bemerkt, und iſt unter dem größern Haufen, beſonders unter den Landleuten, eine allgemein bekannte vorbedeutende Erſcheinung. Geht hingegen die Sonne weder rothgelb, noch rein feuerroth, ſondern kupferroth unter, ſo ſteht ſtürmiſche Witterung bevor. — Rückſichtlich ſolcher Vorzeichen am Monde hat man folgende Bemerkungen gemacht: Hat der Mondſchein ein blaſſes Licht, ſo zeigt dieß bevorſtehenden Regen an; eben dieß iſt der Fall, wenn die Hörner des wachſenden Mondes, bei ſeinem erſten Lichte, entweder 2 oder 3 Tage nach dem Mondeswechſel abgeſtumpft ſind: es iſt dieß ein Vorzeichen zum Regen im erſten Viertel, aber die andern drei Viertel bringen ſchönes Wetter. — Hat der Mond einen Hof oder Kreis, und weht der Wind aus Süden, und der Mond wird erſt in der Nacht ſichtbar, ſo zeigt dieß während eines Monats viel Regen an. — Der Vollmond iſt im April, der Neu- und Vollmond im Auguſt faſt beſtändig von Regen begleitet. Geht der Mond blaß auf, ſo folgt Regen; geht er roth auf, Wind. — Als Zeichen ſchöner Witterung betrachtet man folgende Erſcheinungen am Monde: Sind die Mondflecken ſehr ſichtbar, umgibt ihn ein glänzender Kreis, wenn er voll iſt, ſo deutet dieß auf gutes Wetter; ſind ſeine Hörner am 4. Tage ſpitzig, dann tritt bis zum Vollmonde

ſchönes Wetter ein; eben ſo deutet es auf gute Witterung, wenn die Mondesſcheibe 3 Tage nach dem Mondeswechſel, bevor er voll iſt, ſehr glänzend erſcheint. Nach jedem Neu- und Vollmonde regnet es häufig, wonach ſchönes Wetter folgt. — Nebenmonde ſind meiſtens Verläufer ſtarker oder lang anhaltender Regen, großer Fluthen und Ueberſchwemmungen. — Was die Vorzeichen an den übrigen Geſtirnen betrifft, ſo bezeichnet es im Sommer des folgenden Tages ſchönes und helles Wetter, im Winter aber ſtarken Froſt, wenn der Himmel Nachts heiter, klar und ganz hell geſtirnt iſt. — Sieht man an den Fixſternen, beſonders an denen der erſten Größe und denen, die dem Thierkreiſe nahe ſtehen, röthliche Höfe, ſo deuten ſolche zwar auf trockenes, heiteres Wetter, doch folgen dabei Winde; ſind die Höfe ſchwärzlich, bläulich, oder gräulich, ſo künden ſolche bevorſtehendes Regenwetter. — Stehen die Sterne erſt in ihrem vollen Glanze, verdunkeln ſich aber plötzlich bei heller Luft und vermindert ſich ihr Schein, ſo ſteht ein heftiges Gewitter bevor. — Wenn die Sterne, und namentlich der Abendſtern, ſtark funkeln, ſo regnet es den folgenden Tag. — Iſt im Sommer der Wind öſtlich, während die Sterne ſcheinbar vergrößert ſich dem Anblicke zeigen, ſo hat man plötzlichen Regen zu erwarten.

Auch an gewiſſen andern Luftmeteoren ſucht man Vorzeichen der Witterung. So deutet die Erſcheinung des Nordlichts auf helles und trockenes Wetter; Nordlichter, nur einige Grade über den Horizont erhoben und ganz ruhig, ſind Vorläufer großer Ruhe und Stille in der Atmoſphäre; hohes Nordlicht hingegen, das ſich bewegt, ſtrahlt, funkelt und ſich über das Zenith ausbreitet, iſt Vorbote heftiger Stürme. Der bekannte Aſtronom Pater Hell hielt die Nordlichter für Vorboten des Froſtes. Feuerkugeln und Sternſchnuppen, welche im Herbſte aus der Luft fallen, deuten auf ſtarke Kälte und erſcheinen, nach Brydone's Beobachtung, bei ſtarkem Froſte beſonders zahlreich. Am 6. December 1798, gerade beim Anfange des heftigen Froſtes, wodurch der von 1798 in 99 fortgehende ſo ungemein kalte Winter ſich auszeichnete, ſah Brandes in einigen Stunden 400 Sternſchnuppen deutlich an einem nur mäßig großen Theile des Himmels, wobei zugleich mehr als 2000 über ſeinem Horizonte ſichtbar ſein mochten. Fliegt der ſogenannte Drache in der Luft, und laſſen ſich die Irrwiſche häufig ſehen, ſo erfolgt ſchönes, helles und trockenes Wetter. Nächtliches Wetterleuchten bei wolkenleerem Himmel deutet auf heißen Sonnenſchein und trockene Luft. Zeigt ſich nach einer anhaltenden Dürre ein Regenbogen am Himmel, ſo ſteht ein plötzlicher und ſtarker Regen bevor; iſt die grüne Farbe in demſelben vorherrſchend, ſo folgt Regen, iſt es die rothe, Regen und Wind; ſcheint er gebrochen zu ſein, ſo deutet ſolches auf heftiges Gewitter. Erſcheint er zur Mittagszeit, ſo zeigt er vielen Regen an; zeigt er ſich gegen Weſten, dann erfolgt ſtarker Regen und Donner. — Man will die Bemerkung gemacht haben, daß, wenn es in der letzten Woche des Februars und der erſten des Monats März viel regnet, unter öfterer Erſcheinung des Regenbogens, man ein feuchtes Frühjahr und einen gleichen Sommer zu erwarten habe. Ein Regenbogen, der nach dem Re-

gen erſcheint, iſt im Allgemeinen ein Vorbote ſchöner Witterung; ſind die Farben lebhaft und verſchwindet er bald, ſo erfolgt ſchönes Wetter. Zeigt er ſich Morgens, ſo folgen kleine Regen, von guter Witterung begleitet; erſcheint er Abends, ſo kann man des folgenden Tages ſchöne Witterung erwarten; iſt der Regenbogen doppelt, ſo tritt für den Augenblick ſchönes Wetter ein, in wenigen Tagen aber Regen. — Regenbogen im Herbſte bringen auf ein Paar Tage gute Witterung. — Ein vor Aufgang der Sonne ſich verbreitender Nebel zur Zeit des Neumondes verkündigt Regen für das letzte Viertel; iſt die Zeit des Vollmondes, ſo deutet derſelbe auf ſchöne Witterung. — Viele Nebel im Herbſte verkündigen vielen Schnee im Winter. — Steigen nach Sonnenauf- oder Untergange aus feuchten Wieſen weißliche Nebel auf, ſo iſt den folgenden Tag warme und heitere Witterung zu erwarten. — Am 40. Tage nach Erſcheinung eines Höhenrauchs ſoll ſtrenge Kälte eintreten. — An den Winden hat man folgende Bemerkungen als Vorzeichen der Witterung gemacht: Wenn nach Regen ein kalter Wind folgt, ſo deutet dieß auf noch mehr Regen. — Setzt der Wind nach Nordoſt um und dauert zwei Tage lang ohne Regen fort, und dreht ſolcher ſich den dritten Tag nach Süden, ohne daß es regnet, ſo iſt zu vermuthen, daß der Nordoſtwind 8 bis 9 Tage hindurch unter heiterm Wetter fortwehen und ſodann wieder Südwind eintreten werde. — Wenn der Wind aus Süden wieder nach Nordoſt mit Regen umſetzt und in dieſer Richtung 2 Tage ohne Regen fortweht, und auch am 3. Tage weder ſüdlich wird, noch Regen erfolgt, ſo kann man erwarten, daß 2—3 Monate hindurch der Wind nordöſtlich bleiben werde. — Hält der Nordwind, wie dieß häufig der Fall iſt, 2—3 Monate oder noch länger an, und wird nun ſüdlich, ſo gibt es meiſtens im Anfange 3—4 Tage ſchöne Witterung, dann folgt am 4. oder 5. Tage Regen, oder der Wind ſetzt wieder in Norden um und die Witterung bleibt trocken. — Dreht ſich der Wind ohne Regen einen bis zwei Tage nach Süden und dann mit Regen nach Norden, und abermals, wie vorhin, 2 oder 3 Mal nach dieſer Art in einem oder zwei Tagen nach Süden, ſo iſt zu vermuthen, daß er 2—3 Monate hindurch eben ſo in Süd oder Südweſt, wie zuvor in Norden, bleiben werde. — Eine Woche lang bei Südwind anhaltend ſchöne Witterung, wenn es vorher aus Süden viel geregnet hat, kann große Trockenheit zur Folge haben. Gemeinlich dreht ſich der Wind aus Norden nach Süden ganz ruhig und ohne Regen, aber wieder zurück nach Norden mit Heftigkeit und Regen. Am heftigſten iſt er, wenn er von Süden nach Nordweſt umſetzt. — Wenn der Wind ſich der (ſcheinbaren) Bewegung der Sonne gemäß, d. h. von Morgen gegen Mittag, von Mittag gegen Abend u. ſ. w., verändert, ſo geht er ſelten zurück oder doch nur auf eine kurze Zeit. Geht er aber in entgegengeſetzter Richtung, nämlich von Oſten gegen Norden, von Norden gegen Weſten u. ſ. w., ſo kehrt er gemeinlich zu dem vorigen Punkte zurück, wenigſtens eher, als er den ganzen Kreis durchlaufen hat. — Aendert der Wind innerhalb weniger Stunden öfter ſeine Richtung und bleibt endlich auf einem feſten Punkte ſtehen, ſo weht er in dieſer angenommenen Richtung nicht ſelten viele Tage hin-

durch. Hat der Südwind zwei oder drei Tage lang geherrſcht, ſo wendet ſich derſelbe mit einmal nach Norden; weht aber der Nordwind eben ſo viele Tage, ſo geht derſelbe nicht eher in den Süden über, bis der Oſtwind zuvor eine Weile geweht hat. — Der Morgens ſich erhebende Wind, er wehe aus einer Gegend, aus welcher er wolle, dauert insgemein länger, als derjenige, der ſich mit dem Abende einſtellt. — Wehet der Wind in den erſten Tagen des Sommers aus Oſt oder Nordoſt, ſo erfolgt wahrſcheinlich lange Zeit hindurch trockene Witterung; eben ſo dauert die trockene Witterung fort, wenn der Wind gegen Ende des Sommers weſtlich iſt. — Wenn bei ſtarkem Regen ſich Winde erheben oder aufhören, ſo iſt dieß ein Vorzeichen, daß der Regen von dieſer Zeit an aufhören werde. — Stellen ſich im Herbſte und Winter häufig ſtarke Winde ein, ſo pflegen die Obſtbäume im künftigen Jahre beſſer zu tragen. — Ziehen die Wolken bei Südoſtwind von Südweſt herüber, ſo hält dieſer Wind lange an und endet mit Regen. — Ein Sturmwind, welcher während der Nacht ſich erhebt, wird nicht ſo heftig und anhaltend, als einer, der bei Tage anfängt. — Vorzeichen des Sturmes auf dem Meere ſind: Wenn die See bei gelindem Winde anfängt hohl zu gehen und die Wogen ſehr zunehmen, wenn das Waſſer einen ſtinkenden Geruch verbreitet, wenn man um die Sonne einen Ring bemerkt, aus deſſen Oeffnung der Wind gewöhnlich zuerſt hervorſchießt, wenn die Luft, beſonders in Süden, kupferroth ausſieht; kommt noch Staubregen hinzu, ſo iſt der Sturm ſehr nahe.

Als beſondere und ſelbſt untrügliche Vorzeichen von Hagel und Schnee gibt man folgende an: Weißgelbliche Wolken, die langſam heraufkommen, obgleich der Wind ſtark weht, ſind ein untrügliches Zeichen des Hagels. — Iſt der Himmel gegen Oſten vor Aufgang der Sonne blaß, und zeigen ſich in dicken Wolken gebrochene Strahlen, ſo ſteht ein heftiges Gewitter mit Hagel zu erwarten. — Weiße Wolken ſind im Sommer eine Anzeige von Hagel und im Winter von Schnee, beſonders wenn die Luft ein wenig milde iſt. — Haben die Wolken im Frühlinge und Winter eine weißbläuliche Farbe, und verbreiten ſich dieſelben weit, ſo ſind Graupeln zu erwarten, die aus gefrornem Waſſerdampf beſtehen, der alsdann von der Erde in die höheren, noch kalten Regionen der Luft aufſteigt.

Als Wetteranzeiger bedient man ſich vorzugsweiſe des Hygrometers und Barometers (ſ. d. Art.), welches letztere daher wohl auch Wetterglas genannt wird. Ueber die Art und die Zuverläſſigkeit ſeiner Angabe iſt im Art. Barometer geſprochen worden. Im Allgemeinen darf man bei der Benutzung deſſelben nie vergeſſen, daß es nur den beſtehenden Luftdruck anzeigt, daher nur in ſofern zum Wetterpropheten werden kann, als bevorſtehende Veränderungen der Witterung eine Folge des vermehrten oder veränderten Luftdruckes ſind.

Von den einzelnen Wettererſcheinungen iſt in eigenen Artikeln die Rede, daher darf hier nur noch von dem vorzugsweiſe Wetter genannten Gewitter geſprochen werden, ſofern dieſes nicht ſchon in den Art. Blitz, Blitzableiter und Luftelektricität geſchehen iſt. Die

Gewitter werden ſtets durch Wolkenbildung eingeleitet und dieſe Wetterwolken entſtehen zuweilen über dem Horizonte des Ortes, wo ſie ſich entladen ſelbſt, zuweilen treten ſie ſchon gebildet über den Horizont. Sie bilden ſich oft außerordentlich ſchnell aus, und zuweilen an verſchiedenen Orten. Sie zeichnen ſich durch rundliche Formen, eigenthümliche Aufhäufung und ſtarke Gegenſätze von Beleuchtung aus und gehen in der Regel nicht ſehr hoch. In ihrem Zuge nehmen ſie nicht die Richtung des vorwaltenden Windes, ſondern bewegen ſich ſogar zuweilen gegen den Wind, der gleichſam aus der Gewitterwolke nach allen Richtungen herausſtürzt und öfters große Verheerungen anrichtet, auch in Wirbelwinden und Tromben (ſ. d. Art. Waſſerhoſen) auftritt. Die Gewitter pflegen in der Regel nur dann ſich vollkommen auszubilden, wenn die Atmoſphäre ſehr ruhig iſt, obſchon andere elektriſche Erſcheinungen in der Atmoſphäre auch bei Stürmen auftreten. Schwüle, drückende Hitze und wolkenloſer Himmel ſind die gewöhnlichen Vorboten der Gewitter. Dabei empfindet der Menſch vor Gewittern eine eigene Mattigkeit, Trägheit und Schwere in den Gliedern. Hält die Windſtille und Hitze mehre Tage an, ſo verliert die Luft allmählig an Klarheit, ſie iſt wie von einem leichten Höhenrauch erfüllt, es bilden ſich endlich Gewitterwolken, die ſich bisweilen wieder zerſtreuen, und wieder bilden, bis es zum Gewitter kommt, das um ſo heftiger zu ſein pflegt, je länger jener eigenthümliche Zuſtand der Atmoſphäre gewährt hatte. Bei den Gewittern ſcheint übrigens Ruhe nur in den unteren Theilen der Atmoſphäre zu herrſchen. Da nämlich in der Regel das Barometer ſinkt, ſo erkennt man daraus ein Abfließen der Luft in den höheren Regionen der Atmoſphäre. Zwiſchen den Wendekreiſen finden daher die meiſten Gewitter zur Zeit des Wechſels der Mouſſons (ſ. d. Art. Winde) ſtatt, d. h. zu einer Zeit, wo ſchon ein neuer Mouſſon in den höheren Gegenden herrſcht, der ſich noch nicht der Erdoberfläche genähert hat.

Am häufigſten ſind die Gewitter in niederen Breiten während der naſſen Jahreszeit, wo ſie faſt täglich auftreten, auch zeichnen ſich hier die Gewitter durch eine Heftigkeit aus, von der wir keinen Begriff haben. Dieſe Gewitter zwiſchen den Wendekreiſen werden nach den heftigen ſie begleitenden Winden Tornados oder Trovados, auf den Antillen, auf Isle de France und in Hindoſtan Orcane, im chineſiſchen Meere Typhonen genannt. Kämtz hat über die Menge der Gewitter und deren Vertheilung auf die Jahreszeiten in den verſchiedenen europäiſchen Ländern die Beobachtungen, ſoweit ihm ſolche zugänglich waren, verglichen. Aus Vergleichung von Beobachtungen zu La Rochelle, Middelburg und Brüſſel findet er, daß von 100 Gewittern an der Weſtküſte Europas auf den Winter 8,9, auf den Frühling 17,7, auf den Sommer 52,5, auf den Herbſt 20,9 kommen; die jährliche Zahl der Gewitter iſt aber im Mittel 19,8. Für Deutſchland hat Kämtz 18 Orte verglichen und als Reſultat folgende Mittel für die einzelnen Monate gefunden:

Januar 0,07	April 1,34	Juli 4,50	October 0,23
Februar 0,08	Mai 3,07	Auguſt 4,14	November 0,11
März 0,23	Juni 3,91	September 1,23	December 0,12.

Im Durchſchnitte finden alſo in einem Orte in Deutſchland jährlich 19 Gewitter ſtatt, eben ſo viele als an der Weſtküſte Europas in ungefähr gleicher Breite; dieſe Gewitter zeigen ſich vorzüglich im Sommer. Ueberhaupt ſind ſie nach den einzelnen Jahreszeiten folgender Maßen vertheilt:

Winter: 1,4 Procent; Frühling: 24,4; Sommer: 66,0; Herbſt 8,2. Die Zahl der Winter- und Herbſtgewitter hat, wie man ſieht in Deutſchland gegen die Weſtküſte Europas abgenommen, die Zahl der Sommer- und Frühligsgewitter dagegen zugenommen. Noch bedeutender wird dieſe Veränderung weiter ins Innere des alten Continents. Kämtz zieht für dieſen 7 Orte in Betracht und findet folgende Vertheilung: Winter: 0,0 Procent; Frühling: 15,7; Sommer: 79,3; Herbſt: 5,0. Hier treten $\frac{2}{3}$ ſämmtlicher Gewitter im Sommer auf. Kämtz erinnert wie ganz in derſelben Art, in welcher die Sommerregen über die Winterregen mit der Entfernung vom atlantiſchen Meere zunehmen, eben ſo auch die Sommergewitter die Wintergewitter an Zahl überſteigen.

Die Wintergewitter ſcheinen nach Kämtz vorzugsweiſe an ſteilaufſteigenden Küſten häufiger zu ſein. So ſind in Island Donner und Blitz am häufigſten im Winter; auf den Faröern finden die Gewitter nur im Winter bei ſtarkem Sturme ſtatt. Daſſelbe gilt von den Hebriden und von den ſchottländiſchen Inſeln. Auch an der Weſtküſte von Nordamerika, wie in Sitcha, zeigen ſich die Gewitter vorzugsweiſe im Winter, beſonders im December und Januar. Die Zahl der Gewitter iſt nach Kämtz Vergleichung in Scandinavien und Sibirien weit geringer als in Deutſchland und Frankreich. Im Allgemeinen wird die Anzahl der Gewitter geringer, je weiter nach Norden man kommt. Gieſecke bemerkte während eines 6jährigen Aufenthaltes in Grönland unter einer Breite von 70° nur ein einziges Gewitter.

Die Gewitter zeigen ſich zuweilen in manchen Gegenden periodiſch wiederkehrend, ſo daß ſie ſich oft mehre Tage hinter einander zu derſelben Stunde und an demſelben Orte wiederholen. Der Grund ſcheint darin zu liegen, daß ſich, wenn die Witterung im Ganzen dieſelbe bleibt, die atmoſphäriſchen Bedingungen des Gewitters zu einer beſtimmten insonderheit vom Stande der Sonne abhängigen Stunde ſo geſteigert haben, daß daſſelbe zum Ausbruch kommt. Beſonders häufig treten die Gewitter in Gebirgsgegenden auf und überdieß zeigt ſich in denſelben noch eine beſondere Eigenthümlichkeit. Man findet nämlich nicht ſelten, daß ein Gewitter, welches ſich im Thal oder in der Ebene gebildet hat und gegen einen Bergkamm getrieben wird, hier plötzlich ſtehen bleibt und dann nach einer andern Richtung fortzieht oder ſich theilt. Man nennt derartige Punkte Wetterſcheiden. Auch ſollen nach dem an vielen Orten verbreiteten Volksglauben Flüſſe Wetterſcheiden zu bilden vermögen, welches nur in einer durch den Fluß dargebotenen Ableitung der Elektricität ſeinen Grund haben könnte.

Wetterharfe nannte **Haas** zu Baſel eine von ihm angelegte Vorrichtung, welche aus 15 Eiſendrähten von 320 Fuß Länge beſtand, die aus ſeinem Gartenhauſe über den Garten hin nach ſeinem Hofe geſpannt waren. Sie ſtanden ungefähr 2 Zoll von einander, die dickſten hatten 2 Lin. Durchmeſſer, die mittleren $1\frac{1}{2}$ und die dünnſten 1 Lin. Sie lagen in der Mittagsfläche und machten mit dem Horizont einen Winkel von 20 bis 30 Grad und waren durch Walzen mit Stirnrädern und Sperrhaken ſtark geſpannt. Dieſe Saiten tönten bei jeder Wetterveränderung. Bald gaben ſie Töne wie ein Theekeſſel, ehe das Waſſer in ihm zu ſieden beginnt, bald glichen ihre Töne denen einer Harmonica, bald einem feinen Geläut, bald den Tönen einer Orgel. Die erſten Beobachtungen, welche **Haas** zu ſeinem Apparate Veranlaſſung gaben, machte **Prevot** in Bürgeln ohnweit der Abtei St. Blaſius. Nach ihm gab ein Meſſingdraht keine Töne bei Wetterveränderungen und eben ſo wenig ein ſenkrecht auf der Ebene des Meridians ausgeſpannter Eiſendraht. Die Töne bei dieſem Inſtrument ſcheinen nicht ſowohl, oder wenigſtens nicht allein von dem Luftzuge verurſacht worden zu ſein, ſondern von den Temperaturveränderungen, woraus ſich der Zuſammenhang des Tönens mit den Wetterveränderungen erklärt. — Man hat dieſen Apparat auch als **Barometer** (ſ. d. Art. S. 137.) bezeichnet.

Wetterleuchten nennt man das plötzliche Aufflackern von Licht, welches man beſonders häufig an heißen Sommerabenden an der Grenze des Horizontes wahrnimmt, und welches zuweilen, aber nicht immer, wie durch Beobachtungen ziemlich außer Zweifel geſtellt iſt, von Blitzen herrührt, die unter dem Horizont liegenden Gewittern angehören. Es tritt bei demſelben kein Geräuſch auf, und es erſcheint oft zugleich in den verſchiedenſten Gegenden des Horizontes, breitet ſich auch über große Strecken hin aus. Nach **Schübler** iſt das Wetterleuchten wahrſcheinlich eine unabhängig vom Gewitter ſich ereignende, leuchtende Erſcheinung, die durch Ausſtrömung ſtarker Elektricität, ohne elektriſchen Gegenſatz benachbarter Wolkenſchichten (daher kein Gewitter) veranlaßt wird. An heißen Sommerabenden ſinken höhere Luftſchichten mit Eintritt der Nacht ſchnell tiefer, können ihre Elektricität bei Annäherung zu den feuchteren, tiefern Schichten nicht mehr in ſich angeſammelt erhalten und laſſen dieſelbe dann ausſtrahlen.

Winde heißen alle mehr oder weniger gewaltſame Bewegungen der atmoſphäriſchen Luft, die nach ihrer verſchiedenen Stärke (vom leichten Wehen bis zum gewaltigen Sturme und Orcane), nach der Gegend, aus welcher ſie wehen, und nach den beſonderen Umſtänden, unter denen ſie auftreten, verſchiedene Namen erhalten. Die Haupturſache, welche die Winde erzeugt, iſt die Wärme. Stände die Erde ſtill und hätte die Atmoſphäre überall dieſelbe Temperatur, ſo würde jene in einer beſtimmten, allein durch die Schwere und das Verhältniß der Erde gegen die Körper des Sonnenſyſtems beſtimmten Weiſe um die Erde ſich lagern und nachher völlig bewegungslos bleiben. Die theil-

weiſe Erwärmung iſt es, welche die angegebene Gleichgewichtsſtellung der Atmoſphäre ſtört und hierdurch ſo wie zugleich durch das Streben der Atmoſphäre jene Gleichgewichtsſtellung wieder einzunehmen, entſtehen Winde. Wird nämlich an einem Orte über der Erde die Atmoſphäre ſtärker erwärmt als an einem anderen daneben liegenden, ſo dehnt ſie ſich aus und zwar geht die Richtung dieſer Ausdehnung zunächſt nach oben, weil hier der geringſte Gegendruck vorhanden iſt. Dadurch entſteht gleichſam eine Aufbauſchung an der Oberfläche der Erdatmoſphäre, von dieſer fließt aber die Luft alsbald ſeitwärts ab und umgekehrt ſtrömt unten an der Oberfläche der Erde die Luft von dem kälteren Orte nach dem wärmeren; ſo daß in den verſchiedenen Höhen der Atmoſphäre entgegengeſetzte Winde wehen. Man kann ſich von der Richtigkeit dieſes Vorganges in jedem erwärmten Zimmer durch den Verſuch überzeugen, der im Art. Ventilator S. 727 angeführt iſt. Auch hier bläſt die erwärmte Luft aus dem Zimmer oben hinaus und die kältere Luft unten herein. Die erwähnten Erſcheinungen müſſen aber auch ganz in derſelben Art eintreten, wenn ein Theil der Atmoſphäre ſtärker abgekühlt als der andere wird, weil das bewegende Prinzip in jedem Falle nicht eine beſtimmte Temperatur, ſondern im Allgemeinen nur die Temperaturdifferenz iſt. Die Strömungen der atmoſphäriſchen Luft ſind natürlich mit einer Anhäufung der Luft an einigen und einer Verminderung derſelben an andern Orten verbunden und daraus entſteht bei Winden eine Veränderlichkeit des Luftdruckes, welche durch das Barometer angezeigt wird. In der Natur kommen außer den großartigen in der Stellung der Erde auf ihrer Bahn ihren Grund habenden Temperaturveränderungen und außer den allgemeinen, welche von der Axendrehung der Erde herrühren, noch eine große Menge von Temperaturveränderungen vor, welche durch locale Verhältniſſe bedingt werden, und demgemäß iſt auch die Entſtehung und Beſchaffenheit der Winde ſehr verſchieden. Gewiß wird die Atmoſphäre auch auf ähnliche Weiſe von Mond und Sonne angezogen wie das Meer (ſ. d. Art. Ebbe und Fluth.). Ueberdieß haben Localitäten auch noch einen ſehr beſtimmten Einfluß auf die Richtung des Windes, denn es iſt eine bekannte Thatſache, daß Luftſtröme eben ſowohl als Waſſerſtröme durch entgegenſtehende Hinderniſſe, die ſie nicht zu überwältigen im Stande ſind, abgelenkt werden. Diejenigen Winde, welche ihre Entſtehung mittelbar der Stellung der Erde auf ihrer Bahn verdanken, müſſen ſich von den Jahreszeiten und von den Zonen abhängig zeigen, während diejenigen Winde, die von der Umdrehung der Erde um ihre Axe bedingt werden, in Abhängigkeit von den Tageszeiten ſtehen. Locale Einflüſſe ſind theils bleibend, wie an Küſten das Verhältniß von Land und Waſſer, theils vorübergehend, z. B. Wolken, ſchwimmende Eismaſſen u. ſ. f. Vergleicht man die Winde, welche an einem beſtimmten Orte wehen, ſo werden ſie nach den verſchiedenen Urſachen, denen ſie ihren Urſprung verdanken, einander gegenſeitig in Richtung und Stärke modificiren, bald vermindern, bald verſtärken, und überdieß wird die Localität jeden ankommenden Wind in ſeiner Richtung beſtimmen, und es wird ein Geſammtreſultat aller herrſchenden Urſachen ſich ergeben, in welchem es ſchwer ſein wird die einzelnen Urſachen zu unterſcheiden.

Ehe über die einzelnen Winde geſprochen wird, iſt über diejenigen Mittel zu reden, deren man ſich bedient, die Richtung und die Stärke des Windes zu beſtimmen. Die Richtung des Windes gibt man im Allgemeinen nach den Himmelsgegenden an. Die Alten hatten jedem Winde nach der Richtung, aus welcher derſelbe blieſs, einen eigenen Namen gegeben, unter den Neueren thun dieſes nur noch die Italiener, ſonſt iſt es faſt überall eingeführt, die Richtung, aus welcher der Wind kommt, nach der Windroſe anzuführen, wie dieſes im Art. Compaſs (S. 392. vergl. Bd. I. Fig. 139.) angegeben iſt. *) Als Beobachtungsinſtrumentes bedient man ſich der Windfahnen, Wetterfahnen. Dieſe beſtehen in einer verticalen Ebene, welche um eine ſenkrecht ſtehende Axe ſich umdreht. Der Wind ſtellt dieſelben in die Richtung, nach der er hinweht. Man ſetzt ſolche Windfahnen auf die Dächer der Häuſer und auf die Spitzen der Thürme. Im Allgemeinen werden ſie die herrſchende Windrichtung deſto ſicherer angeben, je freier ſie ſtehen, d. h. je weniger emporragende Gegenſtände in der Nähe vorhanden ſind, welche die Richtung des Windes verrücken. Es iſt eine bekannte Thatſache, daſs z. B. durch die Richtung der Straſsen in einer Stadt die Winde auf das mannigfaltigſte in ihrer Richtung beſtimmt werden, daher denn die niedriger gelegenen Wetterfahnen höchſt unbeſtimmte und unter einander im Widerſpruch ſtehende Angaben liefern. Aber auch bei völlig frei ſtehenden Wetterfahnen wird man die Beobachtung machen, daſs ſie ſelbſt bei einem ſehr heftigen Winde nicht unverrückt nach Einer Himmelsgegend zeigen, ſondern immer ſchwanken ſie hin und her und man kann in den verſchiedenen Stellungen nur eine mittlere Stellung unterſcheiden, von der ſie bald mehr bald weniger rechts oder links abweichen. Parrot und Engelhardt bedienten ſich um die erwähnten Schwankungen minder bedeutend zu machen einer eigenen Vorrichtung. Dieſelbe beſtand in zwei Ebenen, die in einem Winkel von 45° gegen einander geneigt und in dieſer Lage befe-

*) Um Ausdrücke für das (beobachtete) Verhältniſs der Winde an einem Orte zu haben, kann man ſich verſchiedener Mittel bedienen. Man kann z. B. angeben, wie oft im Durchſchnitt unter 100 Winden ein Weſtwind vorkomme u. ſ. w. Schouw vergleicht die Zahl der entgegengeſetzten Winde und nimmt die Zahl des einen = 1 an, wornach der entgegengeſetzte Wind eine Zahl bekommt, welche ſich zu 1 verhält, wie die Anzahl dieſer Winde zur Anzahl jener. Lambert ſchlägt vor, man ſolle die Winde als Kräfte anſehen, welche die Atmoſphäre eines Ortes zu erweitern ſtreben; die Stärke und Dauer der einzelnen Winde wird ausgedrückt, wie dieſes geſchieht, wenn man die Bewegung (ſ. d. Art.) finden will, welche als Reſultat mehrer auf einen Körper wirkenden Kräfte erfolgt, und man nimmt an, daſs alle Winde zugleich wirkten, dann ergibt ſich eine Reſultante (ſ. d. Art.), welche die Geſammtwirkung ausdrückt und die mittlere Windrichtung angibt. Dieſs iſt jedoch keineswegs diejenige, welche dem Wind angehört, der am ofteſten an dem Orte weht, es kann der Fall ſein, daſs der Wind aus der in angegebener Weiſe gefundenen Richtung nie oder doch nur ſelten weht.

ſtigt wurden. Die gerade Linie, in der beide Ebenen ſich ſchnitten, wurde an die verticale Drehungsaxe befeſtigt, und eine den Winkel von 45° halbirende (z. B. durch einen Stab markirte) Linie gab nun die Richtung des Windes an. Um die Stellung der Wetterfahne mit den Himmelsgegenden zu vergleichen, bringt man häufig unter der Wetterfahne ein Kreuz an, deſſen Arme nach den 4 Hauptregionen des Himmels zeigen, oder einen Stern, der die Hauptrichtungen und die dazwiſchen liegenden Nebenrichtungen angibt. Auch hat man Vorkehrungen getroffen, daß man die Richtung des Windes im Zimmer beobachten kann. Am einfachſten iſt es, die Spille, an welcher die Wetterfahne ſich befindet, feſt mit der Fahne zu verbinden und die Spille ſelbſt in Lagern um ihre Längenaxe drehbar zu machen, das untere Ende der Spille dann bis in das Zimmer (in die Mitte der Decke) zu führen und hier einen ſenkrecht auf ihr ſtehenden, daher wagerechten Zeiger zu befeſtigen. Dieſer dreht ſich dann im Zimmer ebenſo wie die Windfahne im Freien, und iſt um ſeinen Drehungspunkt eine Windroſe verzeichnet, ſo kann man auf das genaueſte die Richtung des Windes beobachten, und zwar zeigt er die Richtung, aus welcher der Wind kommt, wenn er ſo geſtellt iſt, daß Windfahne oben und Zeiger unten mit der herabgehenden Spille die Geſtalt eines bilden. Die Geſchwindigkeit des Windes findet man direct, wenn man beobachtet, mit welcher Geſchwindigkeit derſelbe leichte Körper, die man ihm überläßt, z. B. Flaumfedern, Stückchen Papier u. dgl. fortbewegt. Man hat, da dieſe Beobachtung nie eine beſondere Schärfe zuläßt, indeß beſondere unter dem Namen **Anemometer** (a. d. griech. ἄνεμος, der Wind, und μέτρον, Maß) bekannte Inſtrumente zur Meſſung der Geſchwindigkeit des Windes erſonnen. Nach der Theorie hat man für die **Geſchwindigkeit** des Windes berechnet, daß ein Wind, welcher ſich mit der Geſchwindigkeit u bewegt und aus Luft beſteht, welche das Barometer auf der Höhe p′ erhält, einen Druck hervorbringt, welcher im Stande iſt, einer Queckſilberſäule von der Höhe $p' - p^{\circ}$ das Gleichgewicht zu halten. p° bezeichnet denjenigen Barometerſtand, welcher dem Raume entſpricht, in welchem ſich die Luft ausbreitet. Man hat hiernach die Formel $p' - p^{\circ} = \left(\frac{u}{1215}\right)^2 p'$ zur Berechnung der Geſchwindigkeit des Windes. Hiernach hat **Lind** folgenden Apparat angegeben: Eine an beiden Enden offene Glasröhre wird ſo geblaſen, wie es ABCD (Fig. 446) angibt; der Arm AB ſteht genau ſenkrecht auf CD. Dieſe Röhre, welche einen innern Durchmeſſer von wenigſtens einen halben Zoll haben muß, enthält Waſſer oder ein anderes leichtes Fluidum, welches in beiden Schenkeln gleich hoch ſteht, ſobald keine andre Kraft auf daſſelbe einwirkt. Der Apparat wird nun ſo aufgeſtellt, daß die Röhre CD genau vertical ſteht, und die Verticalebene, in welcher die Röhren ſich befinden, mit der Richtung des Windes zuſammenfällt, was am leichteſten dadurch erreicht wird, daß man den Apparat in der Ebene der Windfahne befeſtigt, und zwar dergeſtalt, daß die Oeffnung A der Axe, um welche ſich die Fahne dreht, zunächſt liegt. Der ankommende Strom wirkt nun auf die in der Röhre AB enthaltene Luft, compri-

mirt dieſelbe, und drückt dadurch das Waſſer in dieſer Röhre bis F herab, während es in der Röhre CD bis E ſteigt. Aus dem Höhenunterſchiede des Waſſers in beiden Schenkeln, Ef, wird dann die Geſchwindigkeit des Windes hergeleitet; da jedoch dieſe ſelten mehre Minuten hindurch conſtant iſt, ſo iſt die Waſſerſäule vielen Oscillationen unterworfen, wodurch die Meſſung ſehr erſchwert wird. Um die hieraus entſtehende Unſicherheit der Beobachtung etwas zu vermindern, iſt es am zweckmäßigſten, die Röhre unten bei C zu verengern. Robiſon glaubt, daß, wenn die Röhre einen Durchmeſſer von einem halben Zoll hat, es genüge, der Röhre bei C einen Durchmeſſer von $\frac{1}{50}$ Zoll zu geben. Geſetzt, der Wind habe eine Geſchwindigkeit von 40 Fuß in der Secunde und der Barometerſtand betrage 336''', ſo wird

$p' - p = \left(\frac{40}{1215}\right)^2 \cdot 336''' = 0''',3642$ oder da wir Waſſer zum Meſſen nehmen, ſo wird, die Dichtigkeit des Queckſilbers der Kürze halber zu 13,6 angenommen, die Höhe der Waſſerſäule Ef = 4''',95. Für eine Geſchwindigkeit alſo, welche ſchon ein ziemlich lebhafter Wind hat, beträgt der Unterſchied im Niveau nur etwa 5 Linien, und noch weit geringer wird derſelbe für ſchwächere Ströme. Dadurch werden dann kleine Beobachtungsfehler einen großen Einfluß erhalten, und Robiſon ſchlägt daher vor, die Röhre CD gegen den Horizont zu neigen, wodurch für dieſelbe Höhenänderung eine größere Länge der Röhre erforderlich, die Meſſung alſo leichter wird. Mehr Beachtung aber ſcheint folgende, von demſelben Phyſiker vorgeſchlagene Einrichtung zu verdienen. Die horizontale Röhre AB und die verticale CD (Fig. 447), welche beide gleiche Durchmeſſer haben mögen, werden durch eine genau horizontale Zwiſchenröhre von kleinerem Durchmeſſer mit einander verbunden. Hat man nun die Oeffnung A vor der Einwirkung des Windes geſchützt, ſo wird in CD ſo lange Waſſer gegoſſen, bis dieſes zum Punkte B tritt. Wenn nun der Wind auf das Waſſer in A drückt, ſo wird es zwar in dem Schenkel CD um die Größe Ef gehoben, aber da der Schenkel BG weit enger iſt, ſo wird die Länge BF, durch welche hier das Waſſer getrieben wird, bei weitem bedeutender. Geſetzt, der Querſchnitt von CD ſei $\frac{1}{2}$ deſſen von BG, und die Größe Ef betrage 0''',5 Waſſer, was bei einem Barometerſtande von 336''' einer Geſchwindigkeit von etwa 12 Fuß in der Secunde entſprechen würde, ſo würde es leicht möglich ſein, ſich bei unmittelbarer Meſſung der Säule Ef um 0''',1 oder 0''',2 zu verſehen. Aber eben dieſe Höhe entſpricht in der 12mal engeren Röhre GB einer Länge von 5''; wenn alſo auch derſelbe Fehler beim Ableſen begangen wird, ſo wird der Einfluß auf das Endreſultat viel geringer. — Gewöhnlich wird die Stärke des Windes dadurch gemeſſen, daß man die Kraft aufſucht, mit welcher der Wind auf eine ihm entgegenſtehende Fläche drückt. Lomonoſſow, Zeiher und Andere haben dazu Vorrichtungen angegeben. Eine verticale Fläche wurde dem Winde genau entgegengeſtellt; der horizontale Stab, welcher an ihrer hintern Seite befeſtigt war, wurde in einer Röhre, in welche er ſich hineinſchieben ließ, von einer Feder gehalten, und blieb bei einer gegebenen Stelle ſtehen. Wurde

nun dieſe Fläche dem Winde entgegengeſetzt, ſo wurde ſie ſo weit hineingeſchoben, bis die Elaſticität der Feder und der Druck des Windes ſich im Gleichgewichte hielten, und der Punkt, bei welchem der Stab ſtehen blieb, aufgezeichnet. In andern Fällen wurden Kugeln oder Flächen angewendet, welche an einem Faden befeſtigt waren; bei vollkommener Windſtille hing dieſer vert cal, je größer aber die Geſchwindigkeit des Windes wurde, deſto bedeutender wurde der Winkel, welchen das Pendel mit der Verticale bild te, und dieſer Winkel diente dann zur Meſſung der Stärke. Will man einmal aus dem Stoße des Windes auf feſte Flächen ſeine Geſchwindigkeit herleiten, ſo ſcheint es Kämtz am zweckmäßigſten, dazu die Windfahne ſelbſt zu nehmen, wie dieſes namentlich Walz gethan hat. Die Windfahne wird in dieſem Falle feſt mit der Axe verbunden, an dem untern Ende von dieſer befindet ſich eine horizontale Rolle, über deren Umkreis eine Schnur geſchlagen iſt, welche dann entweder mit einer gewöhnlichen oder einer Federwage, wie ſie Walz anwendet, verbunden iſt. Wenn die Richtung des Windes gemeſſen iſt, ſo wird die Fahne dergeſtalt gedreht, daß ſie genau auf dieſer Richtung ſenkrecht ſteht, und vermittels der Wage das dazu erforderliche Gewicht gemeſſen. Wenn nun die Fläche der Fahne bekannt iſt, ſo läßt ſich aus der Größe des Drucks die Höhe der ihm gleichen Queckſilberſäule, und mithin, da $p' - p^{\circ}$ gefunden iſt, die Geſchwindigkeit u herleiten. — Neuerdings hat Forbes ein anderes Princip der Conſtruction eines Anemometers zum Grunde gelegt. Wenn ein Körper ſich ſelbſt überlaſſen wird, ſo fällt er vertical herab; erhält derſelbe aber im Anfange ſeines Falles einen Stoß nach der horizontalen Richtung, ſo beſchreibt er eine Parabel, deren Parameter von der Größe des Stoßes abhängt. Dieſen Satz wendet er bei ſeinem Inſtrumente an. Ein Körper fällt aus einer Büchſe, welche am beſten von einem Uhrwerk zur beſtimmten Zeit geöffnet wird, herab, der Wind treibt ihn ſeitwärts, und man beobachtet, wie weit die Stelle, an welcher er herabfällt, von dem vertical unter der Büchſe liegenden Punkte entfernt iſt. Sind dann die Fallhöhe und die dazu erforderliche Zeit, die Dichtigkeit der Luft und die der Kugel bekannt, ſo läßt ſich daraus die Geſchwindigkeit des Windes herleiten *).

Daß in der Atmoſphäre in den verſchiedenen Höhen verſchiedene Luftſtrömungen ſtattfinden, folgt ſchon aus der oben angegebenen Theorie, wird aber auch durch Beobachtungen erfahren. Kämtz führt in dieſer Beziehung Folgendes an: Wenn wir den Zug der Wolken betrachten, ſo finden wir, daß dieſe nicht ſelten unter ſich verſchiedene Richtungen haben, und auch von den Windfahnen ganz abweichen. Dieſer Gegenſatz in der Richtung der obern und untern Luftſtröme dauert oft lange fort. So befand ſich im Jahre 1781 eine engliſche Flotte im Hafen zu Leith; faſt fünf Wochen hindurch wehte ein lebhafter Oſtwind, in den beiden letzten Wochen herrſchte in einer Höhe von etwa $\frac{3}{4}$ (engliſcher) Meile eine lebhafte weſtliche Strömung, wie aus der Bewegung lockerer Wolken hervorging. Bei der Belagerung

*) Nach Kämtz's Meteorologie.

von Quebec im Jahre 1759 wehte ein ſo ſtarker Weſtwind, daß die Schiffer die Topmaſten einziehen mußten und einige Bote nur mit Mühe gegen den Wind geführt werden konnten; eine abgeſchoſſene Bombe platzte in der größten Höhe ihrer Bahn, faſt eine Viertelſtunde blieb die Rauchſäule an derſelben Stelle ſtehen und zerſtreute ſich von hier aus allmälig, ohne ihren Platz ſehr bedeutend zu ändern. Am beſten eignen ſich zu dieſer Unterſuchung Luftbälle. Faſt alle diejenigen, welche in die Höhe geſtiegen ſind, erwähnen in ihrem Berichte, daß ſie verſchiedene Luftſtröme getroffen hätten, und Th. Forſter ließ kleinere Bälle aufſteigen. Bei einem derſelben fand er zu unterſt OSO, ſodann in verſchiedenen Höhen N, SW und SSO g S. Bei mehr als dreißig auf dieſe Art angeſtellten Verſuchen fand derſelbe, daß nur wenige Bälle dieſelbe Richtung behielten, bei den meiſten merkte man 4 bis 5, und bei einigen 7 bis 8 verſchiedene Luftſtröme.

Mit der Höhe ändert ſich auch die Geſchwindigkeit der Winde. Im allgemeinen ſcheint die Geſchwindigkeit deſſelben Windes in der Höhe bedeutender zu ſein, als unmittelbar an der Erdoberfläche, welches ſchon in den vielen Hinderniſſen ſeine Erklärung findet, welche dem Winde an der Erdoberfläche entgegenſtehen und die ſeine Kraft nothwendig ſchwächen müſſen. Sauſſure führt als allgemein bekannte Thatſache an, daß man den Wind um ſo ſtärker finde, je höher man auf den Bergen emporſteige. Ich habe, ſagt er, vielmals geſehen, daß Winde, die in der Ebene regelmäßig und von mäßiger Stärke ſchienen, auf den Bergen von ſolcher Heftigkeit waren, daß man die größte Mühe hatte, ſich gegen ſie zu erhalten.

Aus der angegebenen Entſtehungsart der Winde erklärt ſich ein Phänomen, welches mehrfach beobachtet worden, und auf den erſten Augenblick ſehr in Erſtaunen ſetzen muß. Man hat nämlich gefunden, daß ein Wind, der z. B. von O wehte, an den weſtlicher gelegenen Orten eher ſich zeigte, als an den öſtlicher gelegenen. Franklin führt folgendes Beiſpiel an. Ein heftiger NOWind zeigte ſich gegen 7 Uhr in Philadelphia und verhinderte die Beobachtung einer Mondfinſterniß; aber dieſer Sturm, welcher auch in dem nordöſtlich davon liegenden Boſton gewüthet hatte, begann hier erſt um 11 Uhr. Bei anderen aus NO kommenden Winden, bei welchen Franklin in der Folge auf jene Erſcheinung achtete, zeigte ſich, daß ihr Anfang um ſo ſpäter eintrat, je weiter nach NO die Orte lagen. Oeffnen wir die Thür eines geheizten Zimmers, ſo zieht ſich die kältere Luft aus dem nebenanliegenden kälteren Zimmer unten am Boden hin nach dem wärmeren Zimmer. Hierbei treten offenbar die zunächſt an der Thür gelegenen Lufttheile zuerſt in das warme Zimmer, dieſen folgen weiter entfernte Lufttheilchen und in dieſer Art pflanzt ſich der gegen die Thür gerichtete Luftſtrom rückwärts fort. Ganz auf dieſelbe Weiſe muß nun auch die Entſtehung des Windes vor ſich gehen, hat ſich aber einmal der Wind ausgebildet, ſo wird, wie dieß auch in dem analogen Beiſpiele der Fall iſt, der erzeugte Luftſtrom ununterbrochen in der Richtung des Windes, wie ihn die Wetterfahne angibt, fortgehen.

Gehen wir nun die einzelnen merkwürdigſten Winde durch, ſo tre-

ten am auffallendſten diejenigen Winde auf, welche der Stellung der Erde auf ihrer Bahn, d. h. den klimatiſchen Verſchiedenheiten ihr Daſein verdanken und zugleich aus demſelben Grunde von dem Wechſel der Jahreszeiten modificirt werden. Da, wo der Einfluß der Klimate weder von dem Einfluße der wechſelnden Jahreszeiten noch von localen Einflüßen überwogen wird, wehen dieſe Winde das ganze Jahr hindurch fortwährend mit derſelben Stärke. Es ſind dieſes die Paſſate. Da, wo die erwähnten Einflüße zu Zeiten das Uebergewicht über den klimatiſchen Unterſchied gewinnen, finden beſtändige Winde nur auf Monate ſtatt und wechſeln den übrigen Theil des Jahres entweder mit anderen beſtändigen Winden oder mit mannigfach veränderlichen Winden, welche keine beſtimmte Dauer haben. Die zu dieſer zweiten Klaſſe gehörigen beſtändigen Winde heißen Mouſſons (v. d. malaiſchen Worte Muſſin, d. h. Jahreszeit). Die Paſſate hängen alſo weſentlich von den Klimaten, die Mouſſons von den Jahreszeiten ab, und ihre Richtung muß ſich aus den Bedingungen, welche ſie erzeugen, berechnen laſſen; dieſelbe wird jedoch durch locale Einflüße, insbeſondere durch die Küſtenſtriche, mannigfach modificirt.

Die Erklärung der Paſſate hat zuerſt Halley gegen Ende des 17. Jahrhunderts richtig aufgeſtellt. Nehmen wir (um jeden anderen Einfluß als den klimatiſchen von der Betrachtung auszuſchließen) einen Augenblick an, die Sonne ſtehe im Aequator ſtill und die Oberfläche der Erde beſtehe nur aus Waſſer; ſo wird, offenbar weil die Gegenden um den Aequator bei weiten ſtärker erwärmt ſind, als die nach den Polen zu liegenden, die erwärmte Luft in der oberſten Höhe der Atmoſphäre nach den Polen zu abfließen und zugleich die kalte Luft der Pole an der Oberfläche der Erde hin nach dem Aequator zuſtrömen. Es werden unter dieſer Bedingung folglich von den Polen nach dem Aequator ununterbrochene Winde wehen und dieſe würden ſich überall in der Ebene des Meridians bewegen, wenn nicht die Umdrehung der Erde einen mächtigen Einfluß auf ſie ausübte. Stellen wir uns irgend einen Punkt in der Nähe des Poles und einen anderen in der Nähe des Aequators vor, ſo bewegt ſich der eine Punkt wie der andere innerhalb 24 Stunden einmal um die Erdaxe von W nach O herum, und beſchreibt dabei einen Kreis (Parallelkreis). Offenbar aber hat der Punkt in der Nähe des Poles einen beiweitem kleineren Kreis zu beſchreiben, als der Punkt in der Nähe des Aequators, dieſer bewegt ſich mit viel größerer Geſchwindigkeit als jener. Soll nun irgend ein Punkt der Erde Theil haben an der Umdrehung der Erde, ſo muß er ſich an jedem Orte derſelben mit der dieſem Orte zukommenden Geſchwindigkeit von W nach O bewegen, hat er eine geringere Geſchwindigkeit, ſo bewegt er ſich von O nach W, oder die Erde dreht ſich, ſo zu ſagen, unter ihm weg. Nun umgibt die Luft rings die Erde und dreht ſich gleichzeitig mit ihr um, daher müſſen ſich auch die Lufttheilchen in der Nähe der Pole weit langſamer von W. nach O. bewegen, als die Lufttheilchen über dem Aequator. Wird nun ein Lufttheilchen des Aequators, wie dieſes beim Paſſate geſchieht, vom Pole nach dem Aequator zugetrieben, ſo behält es zugleich ſeine nach O gehende Be-

wegung, und da dieſe um ſo geringer wird gegen die nach O gehende Bewegung der Theile der Erdoberfläche, über welche es hingeht, je näher es dem Aequator kommt, ſo muß es außer der Bewegung gegen den Aequator auch noch eine gegen Weſten gerichtete Bewegung annehmen. Dieſes gilt ſowohl für alle vom Nordpole kommenden Lufttheilchen, als für alle diejenigen, welche vom Südpole kommen. Hieraus folgt dann, daß im Allgemeinen in der Nähe des Aequators auf der nördlichen Halbkugel der Erde NO-Paſſate, auf der ſüdlichen Halbkugel dagegen SO-Paſſate herrſchen müſſen. Je näher wir dem Aequator kommen, deſto mehr werden die Paſſate zu O-Winden, und dieſes iſt nicht allein eine Folge der Umdrehung der Erde (weil gerade in der Nähe des Aequators die Größe der Parallelkreiſe am wenigſten zunimmt), ſondern auch eine Folge der gegenſeitigen Einwirkung der Paſſate beider Halbkugeln; dieſe ſtoßen zuſammen in SO- und NO-Richtung und das Ergebniß iſt eine O-Strömung. In der Wirklichkeit findet dieſes Zuſammenſtoßen der Paſſate allerdings nicht ſtatt, indem zwiſchen den Regionen der Paſſate eine Gegend liegt, in welcher Windſtillen und veränderliche Winde herrſchen; aber es entſteht ein ähnliches Reſultat, wenn die ſchon halböſtlich gerichteten Winde gegen eine ruhende Luftmaſſe ſtoßen. In den oberen Regionen müſſen entgegengeſetzte Luftſtrömungen herrſchen, denn indem die Lufttheilchen des Aequators nach den Polen gehen, haben ſie zugleich die den Aequatorealgegenden entſprechende ſchnelle Bewegung von W nach O, und da die nach den Polen zu liegenden Erdtheile eine geringere Umdrehungsgeſchwindigkeit beſitzen, ſo müſſen die Paſſate der höhern Luftſchichten deſto mehr SW und NW werden, je näher ſie dem Nordpole und dem Südpole kommen.

Durch die Ländermaſſen, welche die Aequinoctialmeere durchſchneiden und die zum Theil mit ſehr hohen Gebirgen bedeckt ſind, wird ſowohl die Erwärmung der Erde als die Richtung der Luftſtrömungen ſehr bedeutend abgeändert. Kämtz hat eine ſorgfältige Unterſuchung über die Modificationen der Paſſate auf dem Meere angeſtellt, indem er bei ſeiner Betrachtung drei große Meerbecken, von denen jedes die allgemeinen Geſetze etwas modificirt, unterſcheidet: den großen Ocean zwiſchen Amerika im Oſten und Aſien nebſt Neuholland im Weſten; das atlantiſche Meer zwiſchen dem alten und neuen Continente und das indiſche Meer, als deſſen weſtliche Grenze Afrika angenommen und deſſen öſtliche Grenze erhalten wird, wenn man eine Linie von Japan nach Süden durch die Marianen und Neuguinea zieht und dieſe durch die nördliche und weſtliche Küſte von Neuholland verlängert. Unter dieſen großen Becken kommt der große Ocean dem vorhin angenommenen Zuſtande der Erdoberfläche am nächſten, weil er eine allſeitig große Ausdehnung und nur an einzelnen Stellen Inſeln von geringer Größe hat. Auf dieſem Meere herrſcht der NO-Paſſat in einiger Entfernung vom Lande zwiſchen dem Aequator und dem nördlichen Wendekreiſ ziemlich regelmäßig. Die nördliche Grenze liegt (als Reſultat verſchiedener von Kämtz zuſammengeſtellter Beobachtungen) im Durchſchnitte in 23° N. Br., im Sommer etwas weiter nördlich, im Winter wei-

ter ſüdlich; und die ſüdliche Grenze befindet ſich bei 2° N. Br. Südlich vom Aequator findet ſich auf demſelben Meere der SO=Paſſat, deſſen ſüdliche Grenze Kämtz etwas näher am Aequator als die nördliche Grenze des NO=Paſſates annimmt, nämlich bei 21° S. Br., während ſeine nördliche Grenze bei 2 bis 4° S. Br. liegt. Im Zwiſchenraum zwiſchen beiden Paſſaten liegt die Region der größten Wärme, es ſteigt daher hier die Luft am mächtigſten ſenkrecht auf (um oben nach den Polen abzufließen) und die horizontale Richtung des Windes wird dadurch außerordentlich vermindert. Ueberdieß geht in der Nähe des Aequators der obere Strom nach den Polen noch ſo tief, daß er zum Theil dient, dem ankommenden Paſſatwinde entgegenzuwirken. Es herrſchen in dieſer mittleren Gegend daher keine Winde. Dieſe kommen vielmehr aus allen möglichen Richtungen und Windſtillen wechſeln mit heftigen Windſtößen und Orcanen oder Tornados (vergl. d. Art Wetter S. 933). Kämtz nennt dieſen Gürtel zwiſchen den Gegenden der Paſſate die Region der Calmen (v. d. franz. calmes, d. h. Windſtillen). Da die Sonne nicht immer im Aequator ſtehen bleibt, ſondern im Laufe des Jahres ihn nur zweimal paſſirt, übrigens aber entweder ſüdlich oder nördlich von demſelben ſteht, ſo ändert ſich demgemäß die Region der größten Wärme, welches dann eine Verrükkung der Grenzen der Paſſat=Gegenden zur Folge haben muß.

Auf dem atlantiſchen Meere ſind die Paſſate noch genauer bekannt. Die nördliche Grenze des NO=Paſſates liegt in der Mitte des Meeres ungefähr in in 28° und 30° N, die ſüdliche Grenze im Mittel ungefähr 8° N. Die Region der SO=Paſſate liegt ungefähr zwiſchen 3° bis 28° oder 29° S. Br. Auf dem ſüdlichen Theile des atlantiſchen Meeres ſcheinen jedoch die Winde auf einer Strecke von wenigſtens 200 engl. Meilen öfteren Unregelmäßigkeiten ausgeſetzt zu ſein.*) Auch die Verrückung der Grenzen der Paſſatgegenden auf dem atlantiſchen Meere, welche von den Jahreszeiten abhängig iſt, iſt genau bekannt. Auf merkwürdige Weiſe äußert ſich auch der Einfluß der umgebenden Ländermaſſen, welchen hier näher zu erörtern zu weit führen würde.

Im indiſchen Meere iſt das Verhalten der Winde bei weitem verwickelter wegen der vielen Ländermaſſen, die hier von Einfluß ſind. Nur in einem Theile des indiſchen Meeres tritt der Paſſat auf, während er ſich in dem übrigen Theile deſſelben in Mouſſons umgeſtaltet. Ueber die allgemeinen Verhältniſſe ſpricht ſich Kämtz wie folgt aus. Im Weſten des Meeres liegt, ſich von SSW nach NNO erſtrekkend, Afrika; alle Angaben, welche Ritter mit ſorgfältiger Kritik zuſammengeſtellt hat, deuten darauf, daß wir hier ein hohes Plateau haben, deſſen Vorſtufen am Zambeze und im Alpenlande Habeſch genauer

*) Tuckey hatte z. B. ſüdlich von 20° S. Winde, die jeden Augenblick wechſelten und aus allen Gegenden des Horizontes kamen. Er ſuchte den Grund dieſer Störung des Paſſats in der hohen Lage des benachbarten Feſtlandes.

erforſcht ſind. Nördlich von dieſem Meere liegen Arabien und Perſien, beide abgeſonderte Plateaus von mäßiger Höhe bildend, beide in hohem Grade trocken, ohne Flüſſe und nur dürftig mit Vegetation bedeckt. Südlich von den Sandwüſten an den Mündungen des Indus tritt plötzlich das Plateau Hindoſtan in dieſes Meer, welches ſich tief bis gegen Süden erſtreckt, und in deſſen Norden die mit ewigem Schnee bedeckte Kette des Himalaya, ſo wie das Hochland von Tibet liegen. Steil fällt Hindoſtan an der Weſtküſte Malabar gegen das Meer, während das Gebirge an der Küſte Coromandel ſanfter anſteigt. Die Höhe des Plateau über dem Meere iſt ziemlich gleichförmig, nur weſtlich von der Nordſpitze Ceylons ſenkt ſich daſſelbe bedeutend und dieſe Senkung gibt zu localen Aenderungen der Winde Gelegenheit. Oeſtlich von dem bengaliſchen Meerbuſen liegt das wenig bekannte Hinter-Indien; das Land erſtreckt ſich von hier im Allgemeinen nach NO, ein hohes Gebirge liegt nördlich vom chineſiſchen Meere, welches im Oſten von der Kette der Philippinen begränzt wird. Im Süden und Oſten der Halbinſel Malacca treffen wir große, zum Theil mit hohen Bergen bedeckte Inſeln, von denen das vom Aequator durchſchnittene Sumatra, Java, Borneo und Celebes die wichtigſten ſind. Südlich von dieſer Gruppe liegt Neu-Holland; das Innere deſſelben iſt uns bisher unbekannt, aber der Mangel an Flüſſen ſcheint darauf zu deuten, daß wir hier weder hohe Gebirge noch Hochländer zu ſuchen haben; die große Trockenheit der Winde faſt an allen Küſtenpunkten der Inſel und welche ſich ſchon 70 Meilen (100 lieues) von der Küſte zeigt, macht es wenig wahrſcheinlich, daß im Innern große Waſſermaſſen vorhanden ſeien. — Da dieſe Länder ſich ſehr weit in die gewöhnliche Region der Paſſate erſtrecken, ſo üben ſie einen bedeutenden Einfluß auf ihre Richtung aus. Wenn auch die mittlere Jahreswärme in derſelben Breite über dem Feſtlande und Meere gleich iſt, ſo werden ſich doch in den verſchiedenen Jahreszeiten zwiſchen beiden ſehr bedeutende Differenzen zeigen; durch die hohen Gebirge im Norden wird das Abfließen der obern Luftmaſſen entweder ganz gehindert, oder doch erſchwert. — Beginnen wir unſere Betrachtung mit dem Januar, ſo iſt um dieſe Zeit die Temperatur des ſüdlichen Africa am größten, die von Aſien am kleinſten; die Temperatur des nördlichen Theils vom indiſchen Meere größer, als die des Feſtlandes, aber geringer, als die des ſüdlichen Theiles in gleicher Breite. Das Verhältniß der Temperaturen iſt jetzt nahe eben ſo als auf unſerm fingirten Meere, in beiden Halbkugeln finden wir öſtliche gegen die Region der größten Wärme gerichtete Ströme; es herrſcht vom October bis zum April ſüdlich vom Aequator der eigentliche SO-Paſſat, nördlich von jenem der NO-Paſſat, welcher hier der NO-Mouſſon heißt, und zwiſchen beiden liegt die Region der Calmen. Die nördliche Grenze des SO-Paſſats treffen wir dann etwas ſüdlich vom Aequator. Kehrt hierauf die Sonne nach Norden zurück, ſo wird die Temperatur über dem Feſtlande und Meere nahe gleich, in der nördlichen Halbkugel wird ſich kein allgemeiner Wind zeigen, wir treffen veränderliche Ströme und neben den Windſtillen heftige Orcane, während der SO-Paſſat in dem oben angegebenen Raume

das ganze Jahr hindurch fortdauert. Wird endlich die nördliche Declination der Sonne bedeutender, dann ſteigt die Temperatur über Aſien ſchneller, als über dem Meere, während ſie in Neu-Holland und dem ſüdlichen Africa ſinkt. Im Julius und Auguſt, wo dieſe Wärmedifferenz am größten iſt, finden wir daher in den untern Schichten über dem nördlichen Theile des Meeres Strömungen, welche im Allgemeinen gegen das Land gerichtet ſind. Beachten wir die gegenſeitige Lage der beiden großen Ländermaſſen, deren Temperaturdifferenz am größten iſt, nebſt dem Einfluße der Axendrehung der Erde, dann folgt von ſelbſt, daß dieſer Luftſtrom im Allgemeinen aus SW kommen muß. Dieſer SW-Mouſſon herrſcht vom April bis zum October. Während alſo in dem ſüdlichen Theile dieſes Meeres das ganze Jahr der gewöhnliche Paſſat herrſcht, treffen wir im Norden vom April bis October den SW-Mouſſon, vom October bis April den NO-Mouſſon.

Dieſe allgemeinen Verhältniſſe ſind nun aber wieder in manchen Gegenden mancherlei Veränderungen unterworfen. Die Zeit namentlich, in denen die Mouſſons wechſeln, iſt nicht in ſo genaue Grenzen eingeſchloſſen, wie angegeben wurde; ſie hängt für jeden Ort von ſeiner Breite ab, und der Uebergang von dem einen Mouſſon zu dem andern erfolgt durch eine Zwiſchenzeit, in welcher Windſtillen und veränderliche Winde wechſeln. In den oberen Gegenden der Atmoſphäre erfolgt dieſer Wechſel eher, als in den niedriger gelegenen; drei bis vier Wochen, ehe an der Oberfläche des Bodens der Wechſel erfolgt, haben die höchſten Wolken eine Richtung, welche der des herrſchenden Mouſſons entgegengeſetzt iſt und mit der des folgenden zuſammenfällt. Die Gegend, in welcher der SO-Paſſat das ganze Jahr regelmäßig weht, liegt zwiſchen 12° bis 28° S. und im Januar entfernt ſich die ſüdliche Grenze dieſes Paſſates um mehre Grade weiter vom Aequator.*)

Auf dem Feſtlande bemerkt man die regelmäßigen Winde nur darum nicht in eben der Art, wie auf dem Meere, weil hier zu viele Umſtände die Regelmäßigkeit hindern, und den urſprünglichen Charakter der Luftſtrömungen verwiſchen. Die meiſten Störungen werden durch die Gebirge veranlaßt. Daher treten in den weiten Ebenen der Tropengegenden beſtändige Winde mit größerer oder geringerer Regelmäßigkeit auf. Sehr auffallend treten ſolche Winde in der Sahara auf. Es iſt ſehr wahrſcheinlich, daß ſüdlich von der Sahara ein hohes Plateau liegt. Iſt nun die Abweichung der Sonne ſüdlich, ſo wird das Plateau ſtark erwärmt, während die Sahara ſo ſtark erkaltet, daß es ſogar Eis friert. Bei nördlicher Abweichung der Sonne iſt dagegen der Nordrand des Plateau und der ſüdliche Theil der Wüſte wegen der naſſen Jahreszeit ſtark bewölkt und erkaltet daher ſehr leicht, während die Luft über der Sahara ſo ſtark von der ſenkrecht über ihr ſte-

*) Kämtz hat die intereſſanteſten Beobachtungen über die Mouſſons, ſowohl diejenigen im indiſchen Meere, als die entſprechenden Erſcheinungen in andern Meeren auf höchſt belehrende Weiſe in ſeiner Meteorologie Bd. I. zuſammengeſtellt.

henden Sonne erwärmt wird, daß ſogar Morgens um 5 Uhr das Thermometer 31° C. anzeigt. Hieraus folgt, daß bei ſüdlicher Abweichung der Sonne NO=Wind, bei nördlicher dagegen SW Wind in der Sahara herrſcht.

Es wurde mehrmals bemerkt, daß gleichzeitig mit den Paſſaten in den höheren Regionen Winde nach den Polen zu wehen. Dieſe SW= und NW=Ströme der höheren Regionen müſſen deſto mehr erkalten, je mehr ſie ſich von dem Aequator entfernen und wahrſcheinlich ſenken ſich dieſe Luftſtröme endlich zu Boden, indem an der Grenze beider Luftſtröme ein Streit beſteht, in welchm endlich die oben gehenden Luftſtröme durch ihre Maſſe das Uebergewicht erhalten. Wo dieß nun eintritt, finden Stürme ſtatt, wie ſie viele Reiſende an den Polargrenzen der Paſſate gefunden haben. Später zwiſchen 30 bis 40° wehen dieſe Winde ſo regelmäßig, daß die Schiffer häufig von einem SW=Paſſat auf der nördlichen und einem NW=Paſſat auf der ſüdlichen Halbkugel ſprechen. In dieſer Halbkugel ſind dieſe Winde regelmäßiger, als in jener, weil weniger Land ſtörend auf ſie einwirkt. Je weiter nach Norden wir kommen, deſto weniger regelmäßig werden die Luftſtrömungen, in höheren Breiten ſcheinen wieder öſtliche Winde vorherrſchend zu werden, und derartige Paſſate müßten dann einen ähnlichen Urſprung wie die erwähnten großen Paſſate haben.

Gewiß iſt es, daß die tägliche Bewegung der Erde um ſich ſelbſt, oder w. d. die ſcheinbare Bewegung der Sonne um die Erde ähnliche Luftſtrömungen erzeugen muß, wie durch die klimatiſche Verſchiedenheit entſtehen, denn offenbar finden zwiſchen den von der Sonne beſchienenen Orten und den nicht von ihr erwärmten Temperaturdifferenzen ſtatt. Aber dieſe hier erzeugten Luftſtrömungen müſſen ſehr unbedeutend gegen die in den Paſſaten ſich äußernden ſein, weil die Temperaturdifferenz der Tageszeiten bei weitem geringer als die der Klimate iſt. Denken wir uns die Sonne im Meridiane eines Ortes, ſo iſt dieſer erwärmter als die öſtlichern und als die weſtlichern Gegenden, es müſſen daher Strömungen von beiden Seiten ſtattfinden, die ſich aber eben ſo aufheben werden, wie dieſes in der Gegend der Calmen geſchieht. Steht dagegen die Sonne an dem öſtlichen oder weſtlichen Horizont, ſo wird ſtets eine Strömung der unteren Luft nach den wärmeren Orten merkbar werden, für welche die Sonne eben culminirt und ſo ſind die kühlen Lüfte (ſchwachen Winde) erklärt, welche bei Aufgang und Untergang der Sonne aufzutreten pflegen. — Bedeutender tritt der Einfluß der Tageszeiten auf die Windbildung bei denjenigen Winden als modificirende Urſache auf, welche ihren Urſprung bleibenden Localverhältniſſen verdanken. Da die Urſachen dieſer Winde dieſelben bleiben, ſo ſind ſie ebenfalls regelmäßig. Zu ihnen gehören namentlich Land= und Seewinde, die an Küſten, beſonders innerhalb der Wendekreiſe auftreten, und welche von den Seefahrern ſchwache Winde oder Briſen genannt werden. Sie wehen zu verſchiedenen Tageszeiten aus entgegengeſetzten Richtungen und kehren täglich auf dieſelbe Art wieder, wenn ſie nicht von ſtärkern Winden verſchlungen werden. Um das Phänomen, ſagt Kämtz, in ſeiner einfachſten Geſtalt zu überſehen,

denken wir uns in den Aequinoctialmeeren eine Inſel von der Form eines Kreiſes und es wehe durchaus kein anderer weiter verbreiteter Wind. Wenn die Sonne einige Zeit nach dem Aufgange höher ſteigt, ſo erwärmt ſie die Luft ſowohl über dem Lande als über dem Meere, aber die Erwärmung des Landes iſt ſtärker. Da die mittlere Temperatur über dem Lande und dem Meere nahe gleich iſt, ſo wird ſich dieſe Differenz erſt nach der Zeit zeigen, wo die mittlere Temperatur am Morgen eintritt, alſo etwa um 9 Uhr. Durch die ſtärkere Erwärmung wird von der über dem Lande befindlichen Luftmaſſe ein Theil in den oberen Regionen abfließen und ſich nach allen Seiten verbreiten; umgekehrt ſtrömt die untere Luftmaſſe von allen Seiten gegen die Inſel, es entſteht ein Seewind, deſſen Richtung offenbar ſenkrecht auf der Küſte ſtehen muß. Dieſe Briſe zeigt ſich erſt dann, wenn der Unterſchied zwiſchen den Temperaturen der Atmoſphäre über dem Lande und über dem Meere bedeutender wird, alſo gegen 10 Uhr Morgens. Da die Wärmedifferenz anfänglich klein iſt, ſo iſt der Wind zuerſt ſchwach, zeigt ſich zunächſt am Ufer und erſtreckt ſich erſt nach und nach weiter ins Meer. So ſah Marsden auf Sumatra, daß Schiffe einige (engliſche) Meilen vom Lande ganz ruhig lagen, während ein friſcher Seewind am Ufer wehte; erſt einige Stunden ſpäter fühlten jene die Einwirkung von dieſem; eben dieſes bemerkte Semeyns in Batavia. An der Küſte Coromandel, in Pondichery, hat man daſſelbe bemerkt. Die Stärke dieſes Windes muß offenbar am größten ſein zur Zeit der größten Tageswärme, alſo um etwa 2 bis 3 Uhr Abends. Wenn ſpäterhin die tägliche Wärme ſinkt, ſo wird der Unterſchied der Wärme über dem Lande und Meere immer kleiner, bis endlich zur Zeit des Sonnenunterganges beide gleiche Temperatur haben. Es entſteht nun eine Windſtille, aber ſpäterhin erkaltet das Land ſtärker, die Luft der oberen Regionen ſtrömt vom Meere gegen das Land, während nun ein ſenkrecht auf der Küſte ſtehender Landwind um etwa 8 Uhr Abends anfängt, welcher nach und nach bis zum Aufgange der Sonne an Stärke zunimmt und gegen 8 Uhr Morgens verſchwindet, worauf ſpäterhin der Seewind aufs Neue beginnt.*)

*) Kämtz führt in Bezug auf die Land- und Seewinde folgende intereſſante Beobachtungen an. Dieſen Wechſel zwiſchen Land- und Seewinden treffen wir auf allen Inſeln und Küſtengegenden zwiſchen den Wendekreiſen, wofern ſie nicht durch vorherrſchende ſtärkere Winde ganz oder zum Theil aufgehoben werden. Dieſes wird durch die Erfahrungen von Dampier Forreſt, J. R. Forſter, Marsden, Semeyns und vielen andern Reiſenden, deren Zeugniſſe Romme geſammelt hat, beſtätigt. Selbſt in mittlern Breiten treffen wir dieſen Wechſel noch öfter ſehr regelmäßig, ſo nach Sieber auf Creta, nach Seignette bei Marſeille, ja nach den ſorgfältigſten Unterſuchungen von Brandes ſcheint dieſer Wechſel ſich noch in ganz Italien zu zeigen. So weht der Wind in Padua am Morgen aus N, Mittags und Abends wird er ſüdlich oder weſtlich, in Bologna weht am Morgen O, am Mittag und Abend W, und ein ähnliches Verhalten

Durch unveränderliche locale Verhältniſſe können Winde auf mannigfache Weiſe erzeugt oder in ihrer Richtung bedingt werden. So

---

zeigt ſich in Rom. Sogar an der Oſtküſte Grönlands fand Scoresby bei ſonſt windſtillem heiteren Wetter Spuren dieſes Wechſels. — Auch mitten im Lande finden wir an größeren Seen einen ſolchen Wechſel, wie dieſes ſchon Haller an den Schweizerſeen, Ellicot zu Presqu'ile am Erieſee, Martens auf dem Gardaſee, Schübler auf dem Bodenſee und verſchiedene Beobachter in andern Gegenden gefunden haben. Die Temperaturdifferenz in verſchiedenen Höhen kann ſogar Urſache werden, daß ſich auf Ebenen in der Nähe von Gebirgen ein ähnlicher Wechſel zeigt. Als Buckingham im Junius durch die turkomaniſche Ebene von Bir nach Orfah zog, hatte er während des Tages heftige N-Winde, welche von dem mit Schnee bedeckten Rücken des Taurus herab kamen, während die Nacht windſtill war. Auch in Ungarn ſoll ſich zuweilen ein ähnlicher Wechſel zeigen. Wofern kein ſtärkerer Wind in einer Gegend vorherrſchend iſt, ſtehen beide Winde ſenkrecht auf der Küſte und haben ungefähr gleiche Stärke; ſind aber ſolche Strömungen vorhanden, oder iſt der Umriß der Küſten unregelmäßig, dann wird Richtung und Stärke mannigfach modificirt. In der Nähe des Aequators ſind im großen Oceane Oſtwinde vorherrſchend, dieſes iſt Urſache, daß der Seewind an der Oſtküſte der Inſeln weit ſtärker iſt, als der Landwind, während auf der Weſtküſte das Gegentheil ſtattfindet. Iſt die allgemeine Richtung der Küſte gegen den herrſchenden Wind geneigt, dann ſtehen die Briſen keineswegs ſenkrecht auf ihr, es entfernt ſich vielmehr der Wind am Morgen ein wenig, dann immer mehr von der Richtung des herrſchenden Windes, bis er etwa 3 Uhr Abends der auf der Küſte ſenkrecht ſtehenden Linie am nächſten kommt, und hierauf kehrt er allmälig in ſeine frühere Lage zurück. So herrſcht bei der von NW nach SO geſtreckten Inſel Sumatra mehrere Monate hindurch ein NW-Wind; nach der Richtung des Landes ſollte der Seewind aus SW, der Landwind aus NO kommen, aber es zeigt ſich eine aus NW und SW oder NW und NO zuſammengeſetzte Richtung, und daher geſchieht es, daß auf einen Landwind aus N ein Seewind aus W folgt, wie ſich dieſes mit Leichtigkeit aus dem Parallelogramm der Kräfte ergibt. Eben ſo herrſcht auf der von O nach W gerichteten Küſte in der Nähe der Campechebay in Südamerika im Allgemeinen ONO., die Briſen, welche nach der Richtung der Küſte N und S ſein ſollten, kommen aus NO und SO. Bei Batavia, wo im Junius und Julius ein ziemlich ſtarker Oſtwind herrſcht, kommt der Landwind zur Zeit ſeiner größten Stärke aus SO oder SSO, geht allmälig in den herrſchenden O, entfernt ſich aber nach einiger Zeit von dieſem, bis der aus NO oder NNO kommende Seewind am ſtärkſten iſt, worauf er allmälig nach O. zurückkehrt. Im December und Januar, wo dort ein allgemeiner W herrſcht, findet eine eben ſolche Oscillation zwiſchen dem Landwinde aus SW und dem Seewind aus NW ſtatt. Gewiß aber iſt es, daß ſich in dieſem Falle die Briſen nie bis zu ein unbedeutenden

z. B. modificiren die Gebirge die Richtung der Winde durchaus, indem ſie dieſelben in ihrer urſprünglichen Richtung aufhalten und zu Einſchlagung einer neuen Richtung zwingen. Am auffallendſten tritt dieſes in Thälern und Schluchten hervor, welche jeden gegen ihre Windung treffenden Wind zwingen, durch ſie in ihrer eigenthümlichen Richtung hindurch zu gehen. In dem von NO nach SW gerichteten Thale von Genf z. B. kommen faſt alle Winde entweder aus SW oder NO. Eine wirklich Wind erzeugende Wirkung üben zum Theil Orte aus, die von Natur einen eigenthümlich niedrigen Temperaturgrad beſitzen. Schon die Alten betrachteten hohe Gebirge als den Sitz der Winde, und jedenfalls werden durch die kalten Schnee- und Eismaſſen der Gebirge Luftſtrömungen veranlaßt. Ueberdieß fangen die Gebirge auch die gegen ſie wehenden Stürme auf, zwingen ſie eigenthümliche Richtungen nach dem Gange ihrer Schluchten und Thäler, in denen ſich wohl auch ihre Heftigkeit ganz in derſelben Art ſteigert, wie dieſes bei Flüſſen geſchieht, wenn große Waſſermaſſen in enge Ufer zuſammengezwängt werden, anzunehmen, und ergießen ſie dann in die vor

---

Höhe erſtrecken, dieſes geht wenigſtens daraus hervor, daß ſich die Wolken ſtets mit dem allgemein herrſchenden Winde bewegen. — Auch die Stärke dieſer Winde wird durch die Configuration der Küſten mannigfach modificirt. An Vorgebirgen, namentlich wenn ſie ſehr weit in die See vorſpringen, iſt der Landwind unbedeutend oder fehlt ganz, während der Seewind weit ſtärker iſt. Das Gegentheil findet in Meerbuſen Statt. In den oberen Regionen ſtrömt in den genannten Gegenden Luft von allen Seiten hinzu; da alſo unten Luft nach allen Seiten abfließen muß, ſo wird dieſe Bewegung nur ſehr ſchwach ſein, da die ohnehin geringe Kraft nach allen Seiten wirken muß. Wenn dagegen umgekehrt ein Landwind in den Meerbuſen kommt, ſo bilden die Richtungen der partiellen benachbarten Winde ſpitze Winkel; die Reſultirende aller einzelnen Kräfte erreicht alſo eine bedeutende Größe, und eben dieſes gilt von den Seewinden in der Nähe der Vorgebirge. Reiſende haben uns eine große Zahl von Fällen dieſer Art mitgetheilt, hier möge es genügen, einige derſelben zu erwähnen. Am nordöſtlichen und ſüdöſtlichen Theile von Jamaica ſind zwei Vorgebirge, an denen die Landwinde zu den Seltenheiten gehören; Schiffer, die durch den Mangel derſelben öfter in Verlegenheit gekommen ſind, halten ſie für den Sitz böſer Dämonen; am Cap Pedro auf Jamaica ſtiegen mehrmals Expeditionen ans Land, um den hier hauſenden Dämon zu tödten. An der Weſtküſte Amerika's fand Dampier, welcher dieſe Gegenden mehrmals beſuchte, am Cap Paſſao, St. Laurence, Cap Blanc nie Landwinde, obgleich er ſie an der Zwiſchenküſte traf. In den Meerbuſen dagegen ſind die Landwinde deſto lebhafter. So ſind dieſelben nach dem Zeugniſſe des vielgewanderten Dampier in der Campechebay zwiſchen dem gebirgigen Cap St. Martin und Condecedo ſtärker als an einem andern ihm bekannten Punkte; möglich jedoch, daß hier die Stärke außer dem oben gegebenen Grunde durch von den Bergen in die Tiefe ſinkende Ströme vermehrt wird.

ihnen ſich ausbreitende Ebene. So erſcheint z. B. auf großen Binnenſeen und Flüſſen häufig ein Wind, der aus einem von hohen Bergen eingeſchloſſenen Seitenthale kommt. Beſonders zeichnen ſich jedoch in dieſer Beziehung Gebirge aus, welche in der Nähe des Meeres liegen. So iſt z. B. die Küſte Norwegens durch heftige Stürme bekannt, welche in Finnmarken oft ſo heftig ſind, daß man ſich außerhalb der Häuſer nicht aufrecht erhalten kann. Beſonders merkwürdig iſt der Einfluß großer Eismaſſen auf dem Meere. Scoresby erzählt, daß, wenn ein Wind gegen große Flächen feſten Eiſes oder gegen eine dichte Maſſe von Eisſtücken (Packeis) zuweht, ein anderer vom Eiſe herkommender Wind ihm gleichſam das Gleichgewicht halte und ſelbſt dem Sturme, gleichſam ihm widerſtreitend, ſich entgegenſetze und ſeine Heftigkeit mäßige. Es iſt offenbar, daß es hier wieder die kältere Luft iſt, die von jenen Eismaſſen her an der Erde abwärts fließt, und es iſt zu vermuthen, daß höher hinauf die wärmere Luft, die ſchon bei ſtillem Wetter gegen das Eis zuſtrömen muß, bei Stürmen mit vermehrter Gewalt zudringen mag und jenen Kreislauf fortwährend erhält, weil ſie als erkaltete Luft wieder in die tieferen Schichten zurückſtrömt. Hieraus läßt ſich die ſtundenlange Dauer jenes Kampfes beider Winde, den man bis auf eine halbe oder ganze (engliſche) Viertelmeile weit entdeckt, wo bald der eine, bald der andere das Uebergewicht erhält, wohl erklären. Es iſt auch klar, warum ein gegen das Eis zu gerichteter Sturm ſo ſehr an Kraft verliert, daß er an der andern Seite des Eiſes gar nicht, oder erſt nach Verlauf einiger Stunden geſpürt wird.

Ein Beiſpiel von der winderzeugenden Kraft vorübergehender örtlicher Verhältniſſe gibt endlich die Thatſache, daß wir an ziemlich heiteren Tagen, wo nur einzelne Wolken zuweilen die Sonne verdecken, ſogleich einen kalten Wind fühlen, wenn die Sonne durch eine Wolke verdeckt wird. Die Richtung deſſelben iſt mit der Richtung des überhaupt zu dieſer Zeit herrſchenden Windes, welcher gemäß auch die Wolken fortziehen, einerlei, und es hat daher gar nicht das Anſehn, als ob dieſer Wind von der Wolke ausginge. Es iſt hier, wie Kämtz bemerkt, der Vorgang genau derſelbe, als bei den Land- und Seewinden. Wenn die Luft nahe über der Erde ziemlich erhitzt iſt, und man ſtellte nun einen Körper vor die Sonne, der einen beträchtlichen Raum beſchattet, ſo würde es hier ſogleich kälter. Offenbar würde oben ein Zuſtrömen der warmen, unten ein Abfließen der kalten Luft ſtattfinden. So würde es ſich verhalten, wenn die Wolke plötzlich vor die Sonne gerückt würde. Denken wir uns nun aber die Wolke fortrückend, z. B. durch den Wind von Weſten fortgetrieben, ſo iſt, indem die öſtliche Grenze des Schattens mich erreicht, die lange beſchattete Luft weſtlich von mir allerdings auffallend kälter, und der Luftſtrom wird an dieſer Seite des Schattens ganz ſo ſtattfinden, wie vorher, d. h. ich werde einen verſtärkten Weſtwind empfinden; an der weſtlichen Grenze des Schattens dagegen kann kein von dem Schatten abwärtsgehender Wind bemerkt werden, da die eben erſt aus dem Schatten austretende Erdfläche ſich noch nicht erwärmt hat, und alſo hier höchſtens eine geringe,

vielleicht kaum eine merkbare Schwächung des Weſtwindes, wegen des bei ſo geringem Temperaturunterſchiede kaum bemerkbaren Gegendruckes der kälteren Luft, ſtattfinden kann. So fühlen wir alſo eine Verſtärkung des Windes, welcher die Wolke forttreibt, vorzüglich in dem Augenblicke, wo ihr Schatten uns zu bedecken anfängt. Befände der Beobachter ſich da, wo die ſüdliche Grenze jenes Schattens hinfällt, ſo müßte der Weſtwind bei ihm ein wenig nordweſtlich werden, ſo wie der Beobachter, welcher den Schatten an ſeiner Südſeite vorbeigehen ſieht, einen etwas nach Süden abweichenden Weſtwind empfinden muß. — Iſt dieſes ſchon bei kleinen Wolken und heiterem Himmel der Fall, ſo wird ſich das Phänomen noch weit auffallender zeigen, wenn es aus der Wolke wie bei Regenſchauern regnet, indem hier die Luft durch den aus der Höhe kommenden Regen und andere Umſtände bedeutend erkaltet wird. Manchmal ſieht man, wie ſich eine Regenſäule über eine Ebene oder in einem Thale langſam hinzieht, der Wind geht vor ihr her, er hört bei ihrer Ankunft auf, erhebt ſich von neuem, wenn ſie vorbei iſt, und bläſt jederzeit aus dem Mittelpunkte des Raumes, den die Säule einnimmt.

Ueber die Winde auf dem Feſtlande laſſen ſich nur ganz allgemeine Betrachtungen anſtellen, und mittlere Beſtimmungen aus einer Menge einzelner Beobachtungen ſind zwar allenfalls für einzelne Orte in Bezug auf ihre Lage charakteriſtiſch, ſobald man die Einflüſſe vorübergehender Urſachen außer Rückſicht gelaſſen, können aber, um allgemeine Schlüſſe auf das Verhalten der Winde in ganzen Ländern zu machen, ſchwerlich auf erfolgreiche Weiſe benutzt werden, weil der Einfluß unveränderlicher Oertlichkeit an den einzelnen Orten allzugroß iſt. Indeß hat auch in dieſer Beziehung namentlich Kämtz intereſſante Unterſuchungen angeſtellt, die ihren Hauptreſultaten nach anzuführen ſind. In Bezug auf den Einfluß der Jahreszeiten auf die Winde findet Kämtz aus einer Zuſammenſtellung von Beobachtungen, deren Reſultate an den meiſten Orten Europas mehr oder weniger übereinſtimmen, folgende zum Theil ſchon von Schouw angegebene Geſetze. Im Winter iſt die Richtung der Luftſtrömung meiſtens ſüdlicher als im Durchſchnitte des Jahres; die Stärke dieſer Luftſtrömung iſt im Januar, an vielen Orten auch im Februar, am größten. — Im Frühlinge an manchen Orten im März, an andern im April, erheben ſich häufig Oſtwinde, welche die Stärke der weſtlichen Luftſtrömung ſehr vermindern, ſo daß dieſe an allen Orten weit geringer iſt, als im jährlichen Durchſchnitte; das Verhältniß der nördlichen Winde zu den ſüdlichen iſt weniger beſtimmt, an einigen Orten iſt es größer, an andern geringer, als im jährlichen Durchſchnitte, ſo daß die Luftſtrömung im Frühlinge bald nördlich bald ſüdlich von der jährlichen liegt. — Im Sommer, namentlich im Julius, wehen die Winde vorzugsweiſe aus W, das Uebergewicht der weſtlichen Winde über die öſtlichen erreicht dann das Maximum, zugleich werden die nördlichen Winde häufiger, ſo daß die Luftſtrömung in dieſer Jahreszeit nördlich von der mittleren liegt. — Im Herbſt nimmt das Uebergewicht der weſtlichen Winde ab, dagegen nehmen die ſüdlichen Winde, namentlich im October ſehr ſchnell zu, der=

geſtalt, daß an vielen Orten die Luftſtrömung näher an Süden liegt, als in irgend einem andern Monate. — Die Urſache dieſer Abhängigkeit der Windrichtung von den Jahreszeiten liegt in den Temperaturdifferenzen benachbarter Gegenden. Im Allgemeinen iſt die Luftſtrömung in Europa weſtlich oder ſüdweſtlich, es iſt dieſes der in höheren Breiten herabſinkende SW-Paſſat. Im Winter aber iſt bei einerlei Breite das Innere des Continentes kälter als die Luft über dem Meere, dadurch entſtehen in Europa öſtliche Winde, welche die Stärke der ſüdlichen Luftſtrömung etwas ſchwächen. Erſt einige Zeit nachdem die Temperaturdifferenz am größten war, wehen die Oſtwinde mit größter Stärke, ſie heben einen großen Theil der Weſtwinde auf, und größer als in einer andern Jahreszeit iſt das Verhältniß der öſtlichen Winde zu den weſtlichen. So wie die nördliche Declination der Sonne aber größer wird, ſo ſteigt die Wärme über dem Feſtlande weit ſchneller als über dem Meere, daher werden in den untern Regionen der Atmoſphäre häufig vom Meere kommende Weſtwinde wehen; das Verhältniß der weſtlichen Winde zu den öſtlichen iſt im Sommer am größten, die Stärke der vorherrſchenden Luftſtrömung erreicht dann ihr Maximum. Zugleich aber iſt die Richtung dieſer Strömung nach Norden gegangen, offenbar weil die kälteſten Luftmaſſen alsdann in NW liegen, und die Winde alſo vorzugsweiſe aus dieſer Gegend kommen.

Durch Zuſammenſtellung der in verſchiedenen Gegenden beobachteten Windverhältniſſe ergibt ſich daß allenthalben in der nördlichen Halbkugel die W-Winde die vorherrſchenden ſind. Nur Finnland und Italien machen von dieſer Regel in ſofern eine Ausnahme, als in Finnland die Richtung vielleicht wegen des bottniſchen Meerbuſens mehr ſüdlich, in Italien durch die von den Alpen kommenden Winde mehr nördlich iſt. An den meiſten Orten der nördlichen Halbkugel ſind nach den SW- und W-Winden, nach Dove die NO-Winde die häufigſten und zwar unverhältnißmäßig häufiger als Winde aus Richtungen zwiſchen den angegebenen. Man kann im Allgemeinen zwei vorherrſchende Winde in der nördlichen Halbkugel annehmen, nämlich um ſie kurz zu bezeichnen, SW- und NO-Winde; jener hat aber über dieſen das Uebergewicht. Näher geht die Art dieſes Verhältniſſes aus der nachſtehenden Tafel hervor, in welcher die Zahlen der erſten beiden Columnen, wie oft der Wind geweht habe und die Zahlen der dritten Columne das Uebergewicht der SW-Winde über die NO-Winde angeben.

Ort.	SW.		NO.		Unterſchied.
Penzance	SW.	0,149	NO.	0,120	0,047
Gosport	W.	210	O.	140	070
London	SW.	254	NO.	147	107
Cork	W.	220	O.	140	080
Mancheſter	SW.	390	NO.	100	290
New-Malton	S.	220	N. und NO.	150	070
Lancaſter	SW.	260	NO. und O.	100	160
Kendal	SW.	380	NO.	220	160

Ort.	SW.		NO.		Unterſchied.
Keswick	W.	0,240	O.	0,150	0,090
Clunie Manſe	W.	220	O.	140	080
la Rochelle	SW.	274	NO.	270	004
Denainvilliers	SW.	311	NO.	193	018
Paris	W.	190	N.	127	063
Montmorenci	SW.	161	N.	181	—0,020
Toulouſe	W.	260	SO.	244	016
Utrecht	W.	211	O.	145	066
Amſterdam	SW.	220	O.	150	070
Boringen	W.	162	O.	117	045
Stuttgardt	SW.	276	O.	271	005
Carlsruhe	SW.	395	NO.	250	145
Mannheim	SW.	160	NO.	124	036
München	W.	318	O.	179	139
Ander	W.	325	O.	150	175
Tegernſee	NW.	243	SO.	178	065
Peißenberg	W.	233	O.	129	104
Regensburg	NW.	210	SO.	150	060
Würzburg	W.	214	O. (?)	096	119
Prag	SW.	244	....		...
Erfurt	W.	262	O.	184	078
Göttingen	S.	170	N.	100	070
Halle	W.	252	O.	082	170
Sagan	SW.	246	NO.	122	124
Berlin	W.	214	O.	128	086
Hamburg	W.	240	O.	120	120
Curhaven	SW.	200	O.	130	070
Lüneburg	W.	270	....		...
Copenhagen	W.	186	O.	118	068
Chriſtiansöe	W.	200	SO.	120	080
Skagen	SW.	220	N. und NO.	120	100
Apenrade	W.	180	O.	170	010
Hofmannsgave	SW.	200	....		...
Viborg	SW.	300	SO.	160	140
Stevn's Leuchtthurm ...	SW. und NW.	180	SO.	150	030
Söndmör	W.	300	N.	150	150
Stockholm	W.	190	....		...
Upſala	SW.	261	NO.	113	148
Weriö	SW.	217	....		...
Abo	SW.	187	NO.	147	040
Lajhela	S.	184	N.	154	030
Uhleaborg	S.	203	N.	150	053
Petersburg	W.	180	O.	130	050
Moscau	NW.	238	SO.	165	073
Wilna	W.	254	SO.	186	068
Ofen	NW.	263	....		...

Wenn nun angenommen wird, daß es zwei Hauptwinde auf der nördlichen Halbkugel gibt, welche im beſtändigen Kampfe mit einander liegen, ſo wird bald der eine bald der andere dieſer Winde die Oberhand erlangen, oder es werden ſich wohl auch Winde durch Zuſammenſetzung beider Richtungen bilden. Dove hat nun gezeigt, daß wenn in einer Gegend der SW, in einer anderen der NO herrſche, mehre

Zwiſchenrichtungen entſtehen müſſen. Stellen wir uns vor, daß zwei Ströme in entgegengeſetzter Richtung neben einander fortfließen (Fig. 448.), ſo werden ſie da, wo ſie ſich berühren, einander hemmen und nothwendig Wirbel erzeugen. Bezeichnen wir den ſüdweſtlichen Strom mit a, den nordöſtlichen mit b, und berühren ſich beide in der Trennungslinie cd, ſo werden hier nothwendig Wirbel entſtehen, welche ſich faſt bis zur Mitte beider Ströme erſtrecken; die Windrichtungen, welche durch die Pfeile bezeichnet werden, ſind dann von der Mitte des ſüdweſtlichen Stromes SW, W, NW, von der Mitte des nordöſtlichen Stromes NO, O, SO. — Gehen wir über die Mitte des nordöſtlichen Stromes nach Oſten, ſo würden, wenn ſich jenſeits des Stromes b ein neuer ſüdöſtlicher Strom e befände, die Wirbel von der Mitte des Stromes b bis zur Grenze von e geſchehen in dem Sinne NW, N, NO, von der Grenze beider Ströme bis zur Mitte von e in der Richtung SW, S, SO. Nun glaubt Dove, daß über die beiden Continente der alten und neuen Welt auf der nördlichen Halbkugel zwei nördliche Ströme gehen, über die zwiſchenliegenden Oceane zwei ſüdliche; bezeichnen wir dann die beiden ſüdweſtlichen mit a und e, die beiden nordöſtlichen mit b und f, dann iſt die Drehung des Windes von der Mitte von a bis zu der von b und von e bis f in der Richtung S, W, N, O, S; von der Mitte von b bis zu der von e und von f bis a in der Richtung S, O, N, W, S. Bis jetzt iſt freilich die Exiſtenz vorherrſchender nördlicher Ströme im Innern der Continente noch durch keine Erfahrung erwieſen, jedoch verſtattet das vorher Geſagte die Annahme, daß in der nördlichen Halbkugel in einer Gegend der SW, in einer andern öſtlich oder weſtlich liegenden der NO-Wind herrſche; Temperaturdifferenzen, welche zum Theil durch Hydrometeore bedingt werden, ſind Urſache, daß in einer Gegend der Halbkugel der SW, in einer andern der NO vorherrſcht, und ſo kann ein mehrfacher Wechſel dieſer Ströme in derſelben Halbkugel angetroffen werden, ohne daß wir nöthig haben, zwei beſtimmte Ströme jeder Art anzunehmen. — Wenn die Grenze, welche beide Ströme, den SW und NO trennt, allmählig weiter nach Oſten oder Weſten rückt, ſo wird ſich die Windrichtung an demſelben Orte allmählig ändern. In höheren Breiten, wo auf dem atlantiſchen Meere der herabſinkende SW-Paſſat weniger durch die Unebenheiten des Bodens aufgehalten wird, weht dieſer weſtlich von dem Beobachter, während öſtlich von demſelben der NO-Wind weht. Rückt die Grenze dieſer Winde allmählig nach Weſten, und befand ſich der Beobachter anfänglich in der Mitte des ſüdweſtlichen Stromes, ſo wird der Wind allmählig von SW nach W, NW und N gehen, bis der Beobachter ſich in der Mitte des NO-Stromes befindet. Aber allmählig tritt der SW-Strom in den höheren Regionen der Atmoſphäre ein, es entſtehen Wirbel, Wolken kommen, namentlich aus W und SW, während die Windfahne unten noch NO, häufiger O angibt. Indem dieſer SW Wind ſich immer tiefer ſenkt und den NO-Wind zurückdrängt, geht der Wind allmählig nach S, bis endlich der S-Wind das Uebergewicht erhält. Begreiflich aber iſt es, daß bei dieſen Uebergän-

gen der Wind viele Sprünge machen, und in kurzer Zeit aus verſchiedenen Richtungen wehen wird, zumal wenn beide Winde eine bedeutende Stärke haben. Es kann dann geſchehen, daß der Wind ſich nicht dem gewöhnlichen Geſetze zufolge allmählig durch W nach N bewegt, ſondern öfter zurückſpringt. Die an dem Uebergange der Ströme entſtehenden Wirbel müſſen nämlich nothwendig zugleich in der Richtung des Stromes fortrücken, und können daher nur ſelten vollſtändig an einem Orte beobachtet werden. Das Fortfließen des Wirbels und die Aufeinanderfolge neuer wird ſich alſo darſtellen als ein Zurückſpringen des Windes, deſto häufiger, je größer die Geſchwindigkeit deſſelben iſt.

In Europa muß ſich der Wind vorzugsweiſe in der Richtung von S durch W nach N drehen. Die über das Meer kommenden SW-Winde ſind feucht, und bringen daher in der Regel naſſes Wetter; der NO dagegen iſt trocken, und daher pflegt derſelbe ſchönes Wetter zu bringen. Erfolgt die Drehung regelmäßig, ſo folgt in der Regel auf naſſen Weſtwind trockenes Wetter. Die Schiffer haben den Glauben, daß wenn ſich der Wind in der angegebenen Richtung drehe, auf Stürme ruhiges Wetter folge. Die Beobachtungen in Europa und in den Vereinigten Staaten ſtimmen über jene Richtung der Drehung überein, und namentlich wird bemerkt, daß in dem Staate Miſſuri der Wind in ſteten Widerholungen innerhalb 10 bis 20 Tagen alle Striche des Horizonts durchlaufe, und zwar ſtets in der Folge, daß er von O durch S nach W und durch N nach O geht; ein entgegengeſetzter Lauf ging nach den Beobachtungen nie durch.

Die Beſchaffenheit der Winde, ob ſie feucht, trocken, kalt oder warm ſind, hängt davon ab, von wo die Luftmaſſen, welche ſich im Winde ergießen, ihren Urſprung herleiten.*) Am intereſſanteſten ſind die heißen Winde, die von ſandigen Ebenen kommen, auf denen keine Pflanzen wachſen, und die zum Theil ſelbſt feinen heißen Sand mit ſich führen. Treffen ſie den Körper des Menſchen, ſo wird die feuchte Haut deſſelben durch die heiße trockne Luft ſchnell getrocknet, und dieß bewirkt anfänglich eine angenehme Kühlung, welche von der Verdunſtung (ſ. d. Art.) herrührt, bald aber wird die Haut völlig trocken ſein, und die Hitze unleidlich empfunden werden, ja die Haut kann bis zum Berſten trocknen. Daher pflegen ſich die Neger die Haut mit Fett einzureiben, wenn der heiße Wind weht, damit die Haut nicht ſpringe, und die arabiſchen Hirten beſchmieren ſich aus demſelben Grunde den Körper

---

*) Die Nordwinde bringen in Europa aus bekannten Urſachen Kälte, die Südwinde Wärme, die Weſtwinde gehören zu den warmen Winden, weil die Luft der weſtlichen Gegenden durch den Einfluß des tropiſchen Continentes mehr erwärmt wird, als die in öſtlichen Regionen. In Wien bringt der Nordwind die größte Kälte und im Sommer eine oft erwünſchte Abkühlung, der Nordweſtwind iſt mehr trocken als feucht, der Weſtwind bringt die meiſten Gewitter und abwechſelnd bewölkten Himmel und heiteres Wetter, der Südweſtwind und der Südwind Feuchtigkeit, der Südoſtwind und der Oſtwind Trockenheit (Baumgartner).

mit Schlamm. In den meiſten Gegenden des Orients, namentlich in Perſien und Arabien wird der heiße Wind, welcher über die Wüſten Aſiens und Afrikas kommt, Samum oder Bahd-Samum (d. h. arab. giftiger oder heißer Wind), Samiel (von Sam Gift und Yel Wind), in Aegypten Chamſin (d. h. funfzig, weil er beſonders in den 50 Tagen vom 29. April bis zum 18. Juni auftritt), genannt. Die Neger nennen den heißen Wind Harmattan (d. h. Talgwind, nach der angegebenen Sitte der Neger), welcher derſelbe Wind wie der Samum iſt. Die Nachrichten von dieſen Winden ſind von einigen Reiſenden ſehr übertrieben worden, wozu der Umſtand Veranlaſſung gegeben haben mag, daß die Beduinen, welche die Karawanen durch die Sahara leiten, ſo wie die Kaufleute aus Eigennutz ſchreckhafte Nachrichten von demſelben verbreiten. Er ſcheint nur durch ſeine Hitze nachtheilig und gefährlich zu werden, aber keine giftigen Beſtandtheile mit ſich zu führen. Der feine Sand, den er mit ſich führt, macht ihn für Menſchen und Thiere unbequem. Gefährlich wird er durch ſeine Hitze, indem dieſe dem Reiſenden das Waſſer in den Schläuchen, welche ſie bei ſich führen, austrocknet, denn die Verdunſtung ſoll beim Samum noch einmal ſo ſchnell als bei anderen Winden erfolgen. Ehe der Samum ankommt, erſcheint der Horizont dunkel, der Himmel verliert endlich alle Helligkeit, die Sonne wird glanzlos und wirft keinen Schatten mehr, die Thiere irren ängſtlich umher; die ganze Landſchaft gewährt einen Anblick etwa der Art, wie wenn man durch ein hellgelbes Glas ſieht. Die Hitze des Windes iſt oft ſehr bedeutend, ſo erzählt Burkhardt, daß bei einem heftigen Chamſin, den er beobachtete, das Thermometer auf 49°,4 C. ſtand. Am Rande der Wüſte kommt der heiße Wind aus der Wüſte; in Unter-Aegypten aus SSW und SW; in Tor am Meerbuſen von Suez aus NO (aus dem ſteinigten Arabien); in Mecca aus O (aus der Wüſte Nedſched); in Surate aus N; in Baſſora aus NW; in Bagdad aus W; in Syrien aus SO (alſo hier überall aus den Wüſten weſtlich vom Euphrat); bei Benown aus NO (aus der Sahara); eben daher am Senegal; an der Guineaküſte hat er in verſchiedenen Gegenden gleichfalls verſchiedene Richtungen, er weht an der Goldküſte aus NO, am Cap Lopez und dem Strome Gabbon aus NNO, auf der Inſel Los, (etwas nördlich von Sierra Leone) aus OSO.

Mit Uebergehung der heißen Winde, welche noch an vielen Orten der Erde wehen (z. B. in Hindoſtan, in der Hochebene Kobi, in Paramatta, in Louiſiana, im ſüdlichen Rußland, in Andaluſien der Solano), erwähne ich nur noch den bekannten Sirocco in Italien. Im Allgemeinen bezeichnet Sirocco jeden SO-Wind, beſonders aber den heißen Wind. Brydone erzählt, daß ihn, als er in Palermo bei einem ſolchen Winde die Thür ſeines Zimmers öffnete, derſelbe wie der Broden aus einem glühenden Ofen auf das Geſicht fiel. In einer freien Laube war die Wärme unerträglich, das Thermometer ſtieg hier auf 45° C.; als aber der Wind aus der See kam, wurde es plötzlich kühl. Zu der Zeit eines Sirocco läßt ſich in Palermo niemand auf der Straße ſehen, und derſelbe hinterläßt eine Ermattung, welche aber

Ort.	SW.		NO.		Unterſchied.
Keswick	W.	0,240	O.	0,150	0,090
Clunie Manſe...........	W.	220	O.	140	080
la Rochelle............	SW.	274	NO.	270	004
Denainvilliers..........	SW.	311	NO.	193	018
Paris..............	W.	190	N.	127	063
Montmorenci..........	SW.	161	N.	181	—0,020
Toulouſe	W.	260	SO.	244	016
Utrecht	W.	211	O.	145	066
Amſterdam............	SW.	220	O.	150	070
Boringen............	W.	162	O.	117	045
Stuttgardt...........	SW.	276	O.	271	005
Carlsruhe	SW.	395	NO.	250	145
Mannheim	SW.	160	NO.	124	036
München	W.	318	O.	179	139
Ander..............	W.	325	O.	150	175
Tegernſee............	NW.	243	SO.	178	065
Peißenberg...........	W.	233	O.	129	104
Regensburg	NW.	210	SO.	150	060
Würzburg	W.	214	O. (?)	096	119
Prag	SW.	244	....		...
Erfurt..............	W.	262	O.	184	078
Göttingen	S.	170	N.	100	070
Halle	W.	252	O.	082	170
Sagan..............	SW.	246	NO.	122	124
Berlin	W.	214	O.	128	086
Hamburg	W.	240	O.	120	120
Curhaven............	SW.	200	O.	130	070
Lüneburg	W.	270	....		...
Copenhagen...........	W.	186	O.	118	068
Chriſtiansöe	W.	200	SO.	120	080
Skagen	SW.	220	N. und NO.	120	100
Apenrade	W.	180	O.	170	010
Hofmannsgave	SW.	200	....		...
Viborg..............	SW.	300	SO.	160	140
Stevn's Leuchtthurm...	SW. und NW.	180	SO.	150	030
Söndmör............	W.	300	N.	150	150
Stockholm	W.	190	....		...
Upſala	SW.	261	NO.	113	148
Werio..............	SW.	217	....		...
Abo...............	SW.	187	NO.	147	040
Lajhela.............	S.	184	N.	154	030
Uhleaberg............	S.	203	N.	150	053
Petersburg	W.	180	O.	130	050
Moscau	NW.	238	SO.	165	073
Wilna	W.	254	SO.	186	068
Ofen	NW.	263	....		...

Wenn nun angenommen wird, daß es zwei Hauptwinde auf der nördlichen Halbkugel gibt, welche im beſtändigen Kampfe mit einander, liegen, ſo wird bald der eine bald der andere dieſer Winde die Oberhand erlangen, oder es werden ſich wohl auch Winde durch Zuſammenſetzung beider Richtungen bilden. Dove hat nun gezeigt, daß wenn in einer Gegend der SW, in einer anderen der NO herrſche, mehre

Zwiſchenrichtungen entſtehen müſſen. Stellen wir uns vor, daß zwei Ströme in entgegengeſetzter Richtung neben einander fortfließen (Fig. 448.), ſo werden ſie da, wo ſie ſich berühren, einander hemmen und nothwendig Wirbel erzeugen. Bezeichnen wir den ſüdweſtlichen Strom mit a, den nordöſtlichen mit b, und berühren ſich beide in der Trennungslinie c d, ſo werden hier nothwendig Wirbel entſtehen, welche ſich faſt bis zur Mitte beider Ströme erſtrecken; die Windrichtungen, welche durch die Pfeile bezeichnet werden, ſind dann von der Mitte des ſüdweſtlichen Stromes SW, W, NW, von der Mitte des nordöſtlichen Stromes NO, O, SO. — Gehen wir über die Mitte des nordöſtlichen Stromes nach Oſten, ſo würden, wenn ſich jenſeits des Stromes b ein neuer ſüdöſtlicher Strom e befände, die Wirbel von der Mitte des Stromes b bis zur Grenze von e geſchehen in dem Sinne NW, N, NO, von der Grenze beider Ströme bis zur Mitte von e in der Richtung SW, S, SO. Nun glaubt Dove, daß über die beiden Continente der alten und neuen Welt auf der nördlichen Halbkugel zwei nördliche Ströme gehen, über die zwiſchenliegenden Oceane zwei ſüdliche; bezeichnen wir dann die beiden ſüdweſtlichen mit a und e, die beiden nordöſtlichen mit b und f, dann iſt die Drehung des Windes von der Mitte von a bis zu der von b und von e bis f in der Richtung S, W, N, O, S; von der Mitte von b bis zu der von e und von f bis a in der Richtung S, O, N, W, S. Bis jetzt iſt freilich die Exiſtenz vorherrſchender nördlicher Ströme im Innern der Continente noch durch keine Erfahrung erwieſen, jedoch verſtattet das vorher Geſagte die Annahme, daß in der nördlichen Halbkugel in einer Gegend der SW, in einer andern öſtlich oder weſtlich liegenden der NO-Wind herrſche; Temperaturdifferenzen, welche zum Theil durch Hydrometeore bedingt werden, ſind Urſache, daß in einer Gegend der Halbkugel der SW, in einer andern der NO vorherrſcht, und ſo kann ein mehrfacher Wechſel dieſer Ströme in derſelben Halbkugel angetroffen werden, ohne daß wir nöthig haben, zwei beſtimmte Ströme jeder Art anzunehmen. — Wenn die Grenze, welche beide Ströme, den SW und NO trennt, allmählig weiter nach Oſten oder Weſten rückt, ſo wird ſich die Windrichtung an demſelben Orte allmählig ändern. In höheren Breiten, wo auf dem atlantiſchen Meere der herabſinkende SW-Paſſat weniger durch die Unebenheiten des Bodens aufgehalten wird, weht dieſer weſtlich von dem Beobachter, während öſtlich von demſelben der NO-Wind weht. Rückt die Grenze dieſer Winde allmählig nach Weſten, und befand ſich der Beobachter anfänglich in der Mitte des ſüdweſtlichen Stromes, ſo wird der Wind allmählig von SW nach W, NW und N gehen, bis der Beobachter ſich in der Mitte des NO-Stromes befindet. Aber allmählig tritt der SW-Strom in den höheren Regionen der Atmoſphäre ein, es entſtehen Wirbel, Wolken kommen, namentlich aus W und SW, während die Windfahne unten noch NO, häufiger O angibt. Indem dieſer SW-Wind ſich immer tiefer ſenkt und den NO-Wind zurückdrängt, geht der Wind allmählig nach S, bis endlich der S-Wind das Uebergewicht erhält. Begreiflich aber iſt es, daß bei dieſen Uebergän-

gen der Wind viele Sprünge machen, und in kurzer Zeit aus verſchiedenen Richtungen wehen wird, zumal wenn beide Winde eine bedeutende Stärke haben. Es kann dann geſchehen, daß der Wind ſich nicht dem gewöhnlichen Geſetze zufolge allmählig durch W nach N bewegt, ſondern öfter zurückſpringt. Die an dem Uebergange der Ströme entſtehenden Wirbel müſſen nämlich nothwendig zugleich in der Richtung des Stromes fortrücken, und können daher nur ſelten vollſtändig an einem Orte beobachtet werden. Das Fortfließen des Wirbels und die Aufeinanderfolge neuer wird ſich alſo darſtellen als ein Zurückſpringen des Windes, deſto häufiger, je größer die Geſchwindigkeit deſſelben iſt.

In Europa muß ſich der Wind vorzugsweiſe in der Richtung von S durch W nach N drehen. Die über das Meer kommenden SW-Winde ſind feucht, und bringen daher in der Regel naſſes Wetter; der NO dagegen iſt trocken, und daher pflegt derſelbe ſchönes Wetter zu bringen. Erfolgt die Drehung regelmäßig, ſo folgt in der Regel auf naſſen Weſtwind trockenes Wetter. Die Schiffer haben den Glauben, daß wenn ſich der Wind in der angegebenen Richtung drehe, auf Stürme ruhiges Wetter folge. Die Beobachtungen in Europa und in den Vereinigten Staaten ſtimmen über jene Richtung der Drehung überein, und namentlich wird bemerkt, daß in dem Staate Miſſuri der Wind in ſteten Widerholungen innerhalb 10 bis 20 Tagen alle Striche des Horizonts durchlaufe, und zwar ſtets in der Folge, daß er von O durch S nach W und durch N nach O geht; ein entgegengeſetzter Lauf ging nach den Beobachtungen nie durch.

Die Beſchaffenheit der Winde, ob ſie feucht, trocken, kalt oder warm ſind, hängt davon ab, von wo die Luftmaſſen, welche ſich im Winde ergießen, ihren Urſprung herleiten.*) Am intereſſanteſten ſind die heißen Winde, die von ſandigen Ebenen kommen, auf denen keine Pflanzen wachſen, und die zum Theil ſelbſt feinen heißen Sand mit ſich führen. Treffen ſie den Körper des Menſchen, ſo wird die feuchte Haut deſſelben durch die heiße trockne Luft ſchnell getrocknet, und dieß bewirkt anfänglich eine angenehme Kühlung, welche von der Verdunſtung (ſ. d. Art.) herrührt, bald aber wird die Haut völlig trocken ſein, und die Hitze unleidlich empfunden werden, ja die Haut kann bis zum Berſten trocknen. Daher pflegen ſich die Neger die Haut mit Fett einzureiben, wenn der heiße Wind weht, damit die Haut nicht ſpringe, und die arabiſchen Hirten beſchmieren ſich aus demſelben Grunde den Körper

*) Die Nordwinde bringen in Europa aus bekannten Urſachen Kälte, die Südwinde Wärme, die Weſtwinde gehören zu den warmen Winden, weil die Luft der weſtlichen Gegenden durch den Einfluß des tropiſchen Continentes mehr erwärmt wird, als die in öſtlichen Regionen. In Wien bringt der Nordwind die größte Kälte und im Sommer eine oft erwünſchte Abkühlung, der Nordweſtwind iſt mehr trocken als feucht, der Weſtwind bringt die meiſten Gewitter und abwechſelnd bewölkten Himmel und heiteres Wetter, der Südweſtwind und der Südwind Feuchtigkeit, der Südoſtwind und der Oſtwind Trockenheit (Baumgartner).

mit Schlamm. In den meiſten Gegenden des Orients, namentlich in Perſien und Arabien wird der heiße Wind, welcher über die Wüſten Aſiens und Afrikas kommt, Samum oder Bahd=Samum (d. h. arab. giftiger oder heißer Wind), Samiel (von Sam Gift und Yel Wind), in Aegypten Chamſin (d. h. funfzig, weil er beſonders in den 50 Tagen vom 29. April bis zum 18. Juni auftritt), genannt. Die Neger nennen den heißen Wind Harmattan (d. h. Talgwind, nach der angegebenen Sitte der Neger), welcher derſelbe Wind wie der Samum iſt. Die Nachrichten von dieſen Winden ſind von einigen Reiſenden ſehr übertrieben worden, wozu der Umſtand Veranlaſſung gegeben haben mag, daß die Beduinen, welche die Karawanen durch die Sahara leiten, ſo wie die Kaufleute aus Eigennutz ſchreckhafte Nachrichten von demſelben verbreiten. Er ſcheint nur durch ſeine Hitze nachtheilig und gefährlich zu werden, aber keine giftigen Beſtandtheile mit ſich zu führen. Der feine Sand, den er mit ſich führt, macht ihn für Menſchen und Thiere unbequem. Gefährlich wird er durch ſeine Hitze, indem dieſe dem Reiſenden das Waſſer in den Schläuchen, welche ſie bei ſich führen, austrocknet, denn die Verdunſtung ſoll beim Samum noch einmal ſo ſchnell als bei anderen Winden erfolgen. Ehe der Samum ankommt, erſcheint der Horizont dunkel, der Himmel verliert endlich alle Helligkeit, die Sonne wird glanzlos und wirft keinen Schatten mehr, die Thiere irren ängſtlich umher; die ganze Landſchaft gewährt einen Anblick etwa der Art, wie wenn man durch ein hellgelbes Glas ſieht. Die Hitze des Windes iſt oft ſehr bedeutend, ſo erzählt Burkhardt, daß bei einem heftigen Chamſin, den er beobachtete, das Thermometer auf 49°,4 C. ſtand. Am Rande der Wüſte kommt der heiße Wind aus der Wüſte; in Unter=Aegypten aus SSW und SW; in Tor am Meerbuſen von Suez aus NO (aus dem ſteinigten Arabien); in Mecca aus O (aus der Wüſte Nedſched); in Surate aus N; in Baſſora aus NW; in Bagdad aus W; in Syrien aus SO (alſo hier überall aus den Wüſten weſtlich vom Euphrat); bei Benowm aus NO (aus der Sahara); eben daher am Senegal; an der Guineaküſte hat er in verſchiedenen Gegenden gleichfalls verſchiedene Richtungen, er weht an der Goldküſte aus NO, am Cap Lopez und dem Strome Gabbon aus NNO, auf der Inſel Los, (etwas nördlich von Sierra Leone) aus OSO.

Mit Uebergehung der heißen Winde, welche noch an vielen Orten der Erde wehen (z. B. in Hindoſtan, in der Hochebene Kobi, in Paramatta, in Louiſiana, im ſüdlichen Rußland, in Andaluſien der Solano), erwähne ich nur noch den bekannten Sirocco in Italien. Im Allgemeinen bezeichnet Sirocco jeden SO=Wind, beſonders aber den heißen Wind. Brydone erzählt, daß ihn, als er in Palermo bei einem ſolchen Winde die Thür ſeines Zimmers öffnete, derſelbe wie der Broden aus einem glühenden Ofen auf das Geſicht fiel. In einer freien Laube war die Wärme unerträglich, das Thermometer ſtieg hier auf 45° C.; als aber der Wind aus der See kam, wurde es plötzlich kühl. Zu der Zeit eines Sirocco läßt ſich in Palermo niemand auf der Straße ſehen, und derſelbe hinterläßt eine Ermattung, welche aber

bei dem bald darauf folgenden Nordwinde wieder verſchwindet. Auf die Geſundheit ſcheint er keine üblen Folgen zu haben. Gewöhnlich nimmt man an, daß die heißen Winde Italiens und Spaniens aus Afrika kämen, Kämtz leitet aber die Hitze dieſer Winde von den Ebenen Andaluſiens und den trockenen Felſen Siciliens ab.

Zu den merkwürdigſten und am ſchwerſten zu erklärenden Windphänomenen gehören die Wirbelwinde, bei denen eine Luftſäule ſich fortbewegt, indem ſie um ihre verticale Axe drehende Bewegungen beſchreibt. Im Kleinen tritt dieſe Erſcheinung ſehr häufig auf, und wenn ſie größer wird, gibt ſie zu den Tromben Veranlaſſung, von welchen im Art. Waſſerhoſe geredet wird.

Wismuth (Markaſit, Aſchblei), ein ſchon den Alten (die es jedoch häufig mit Zinn, Blei und Antimon verwechſelten) bekanntes ſchweres unedles Metall, Agricola erwähnt es zuerſt 1529, dann unterſuchten es Stahl, Pott, Geoffroy u. A. genauer im 18ten Jahrhundert. Es findet ſich in der Natur nicht allzu häufig, und dann meiſt gediegen, jedoch auch als Wismuthglanz, Kupferwismuthglanz, Kupferwismutherz, Nadelerz, Silberwismutherz, Wismuthocher. Das Metall ſelbſt iſt eine ſilberweiße, ins Röthliche ſpielende, ziemlich glänzende, bisweilen iriſirende Subſtanz von 9,83 — 9,85 ſpecif. Gewicht, welche in regelmäßigen Octaëdern und Würfeln kryſtalliſirt. Es iſt ferner ziemlich hart, ſpröde, pulveriſirbar, jedoch, wenn man es vorſichtig hämmert, auch ein wenig dehnbar; ſchmilzt lange vor dem Glühen bei 198° R., dehnt ſich beim Erſtarren beträchtlich aus, und verflüchtigt ſich in der Weißglühhitze. Als vornehmſte Verbindungen des Wismuths mit andern Körpern ſind zu nennen: mit Sauerſtoff, einzige Verbindung das Wismuthoxyd, ein gelbes, beim Erhitzen vorübergehend pomeranzengelb und braun werdendes Pulver, welches in der Rothglühhitze zu einem grünlichgelben Glas von 8,21 ſpecif. Gewicht zuſammenſchmilzt, ſich erſt in ſtarker Weißglühhitze verflüchtigt, dabei geſchmacklos, und im Waſſer unlöslich iſt. Die ſogenannten Wismuthblumen, ein gelblich weißes, lockeres Pulver, ſind nichts anderes als dieſes Oxyd, das Product des bis zum Weißglühen an der Luft erhitzten Wismuthmetalls. Mit Waſſer bildet dieſes Oxyd das Wismuthoxydhydrat, ein weißes, geſchmackloſes, im Waſſer unlösliches Pulver, welches beim Erhitzen das Waſſer wieder fahren läßt, mit Säuren die Wismuthoxydſalze, farbloſe, im Waſſer theils lösliche, theils unlösliche Körper, welche durch reine und kohlenſaure Alkalien, ſo wie durch blauſaures Eiſenoxydulkali weiß, durch Gallustinctur gelb, durch Hydrothionſäure und hydrothionſaure Alkalien dunkelbraun, und durch Kupfer, Kadmium und Zink metalliſch gefällt werden. — Mit Stickſtoff verbunden erſcheint das Wismuth als baſiſch ſalpeterſaures Wismuthoxyd (Wismuthweiß, ſpaniſches Weiß), ein zartes, blendend weißes aus höchſt feinen ſeidenglänzenden Nadeln beſtehendes Pulver, welches faſt geſchmacklos, ſehr ſchwer löslich im Waſſer, leicht löslich in Salpeterſäure und Salzſäure iſt, wenn es erhitzt wird, reines Oxyd hinterläßt, und am Lichte

grau wird, was nach Klaproth von Silbergehalt herrühren ſoll. — Dieſes Wismuthweiß dient theils in der Medicin zum innerlichen Gebrauch, theils geht es im Handel als Schminke. — Mit Chlor verbindet ſich das Wismuth auf ähnliche Weiſe, wie das Antimon, zu ſogenannter Wismuthbutter, einer bräunlichen oder graulichweißen kryſtalliniſchen, leicht ſchmelzbaren flüchtigen Subſtanz, welche ſich durch Zuſatz von Waſſer in ſalzſaures Wismuthoxyd verwandelt, und dieſes wieder mit vielem Waſſer verſetzt in baſiſches ſalzſ. Wismuthoxyd, ein zartes, ſchneeweißes, im Waſſer unlösliches Pulver, welches früher unter dem Namen Magisterium Marcasitae bekannt war, auch noch zum Theil unter dem Namen ſpaniſches Weiß im Handel geht. — Die natürliche Verbindung des Wismuths mit Schwefel zu Wismuthglanz iſt ſchon oben erwähnt. Der künſtlich durch Zuſammenſchmelzen bereitete erſcheint als bleigraue, ſtrahlige Maſſe, welche ſchwerer ſchmelzbar als das Metall, ſich beim Erſtarren noch weit mehr als dieſes ausdehnt. Von den Verbindungen des Wismuths mit Kohlenſtoff iſt nur zu nennen das kohlenſaure Wismuthoxyd, ein weißes, geſchmackloſes, im Waſſer unlösliches, in Säuren aber unter Aufbrauſen leicht lösliches Pulver, welches ſich übrigens den andern Wismuthſalzen analog verhält.

Wolfram (auch Scheel, Tungſteinmetall), ein ſchweres unedles Metall, wurde zuerſt von Scheele 1781 als Oxyd entdeckt, und dann 1785 durch die Gebrüder D' Elhuyart als Metall dargeſtellt. In der Natur kommt es ziemlich ſelten, und nur als Oxyd im Tungſtein und Wolfram vor. Das künſtlich dargeſtellte Metall erſcheint entweder als ein ſtahlgraues oder zinnweißes Pulver, oder im zuſammenhängenden Zuſtande als ein ſtark glänzendes, ſehr hartes und ſprödes, äußerſt ſtrengflüſſiges, dabei unmagnetiſches Metall von 17,4 ſpecif. Gewicht, welches an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur unveränderlich iſt, als Metallpulver geglüht wie Zunder zu Scheelſäure verbrennt. Verbindungen des Scheels oder Wolframs mit Sauerſtoff ſind drei: Scheelſuboxydul, ein dunkelbraunes, Scheelſuboxyd, ein ſchwärzliches Pulver, welche beide unlöslich im Waſſer, keine Verbindungen mit andern Körpern eingehen, und unter Luftzutritt erhitzt gleichfalls zu Scheelſäure verbrennen; endlich dieſe ſelbſt, ein ſchwefelgelbes, geſchmackloſes Pulver, welches im Waſſer unlöslich iſt, kaum von einigen ſtarken Säuren angegriffen wird, und mit Baſen die ſcheelſauren Salze bildet, weiße im Waſſer theils lösliche, theils unlösliche Körper, erſtere von herbem, bitterlich metalliſchem Geſchmack. Aus den Auflöſungen derſelben wird durch ſtarke Säuren die Scheelſäure theils weiß, theils gelb niedergeſchlagen. Scheelſaure Alkalien werden durch Zink blau gefärbt. Auch mit Chlor und Schwefel geht das Scheel Verbindungen ein. Der Gebrauch des Scheels beſchränkt ſich noch auf die Anwendung der Scheelſäure als dauerhafte gelbe Malerfarbe.

Wolken (Gewölk), ſind nichts anders als Nebelmaſſen von mehr oder weniger Dichte, welche in verſchiedenen Höhen der Atmo-

ſphäre ſich aufhalten, und zuweilen unbewegt ſind, öfter aber durch Luftſtrömungen oder heftige Winde fortgeführt werden. Alle Nebel, welche ſich an feuchten Orten, in der Tiefe der Thäler, auf Bergen, um hohe Felſengipfel u. ſ. w., an der Oberfläche der Erde bilden, werden Wolken, wenn ſie von den Winden, ohne ſich zu zerſtreuen, fortgeführt werden. Die Wolken können aber auch noch einen andern Urſprung haben, ſie können ſich direkt mitten in den Lüften bilden, ſowohl wenn ſich zwei feuchte Luftſtröme von ungleicher Temperatur begegnen, als auch wenn ſich die Dämpfe maſſenweiſe in Regionen erheben, welche zu kalt ſind, um die Dämpfe im gasförmigen Zuſtande zu erhalten. Man nimmt im Allgemeinen an, daß die Dünſte, welche die Wolken bilden, aus Bläschen beſtehen, ähnlich den Seifenblaſen, nur kleiner, welche mit feuchter Luft erfüllt ſind. Man kann dieſe Bläschen ſehr wohl in dem Nebel unterſcheiden, welcher ſich über heißem Waſſer erhebt, und beſonders über einer ſchwärzlichen Flüſſigkeit z. B. Kaffee. (Vergl. d. Art. Dunſt). Ihre Dichte ſcheint größer als die der Luft wegen des Flüſſigkeitshäutchens, das ihre Hülle bildet, und man findet daher Schwierigkeit zu erklären, warum dieſe Bläschen dennoch in der Luft ſchwimmen. Gewöhnlich nimmt man an, daß ihr Inhalt derſelbe wie der der Atmoſphäre ſei, doch kann derſelbe auch reiner Waſſerdampf ſein, und da dieſer verhältnißmäßig leichter als Luft iſt, ſo ſchwimmen die Bläschen aus demſelben Grunde wie mit Waſſerſtoffgas erfüllte Seifenblaſen. Gay Luſſac meint, die Ströme warmer Luft, welche ſich unaufhörlich während des Tages von der Erde erheben, hätten einen großen Einfluß, um ſie zum Aufſteigen zu bringen, und ſchwebend zu erhalten. Fresnel nimmt an, daß die Sonnenwärme, welche in dem Schoße der Wolken abſorbirt wird, eine Art von Montgolfièren (ſ. d. Art. Luftballon) aus ihnen macht, welche ſich zu deſto größeren Höhen erheben, je beträchtlicher ihre Temperatur wird. Man kann ſich die Wolkenbildung aber auch ſo vorſtellen, daß an gewiſſen Orten, wo eine Temperaturerniedrigung ſtattfindet (dem Ort der Wolke), die durch ihn hingehenden Dampftheilchen alsbald condenſirt, dadurch ſichtbar und beim Herabfallen ſogleich wieder in Luftform aufgelöſt werden.

Das Stehenbleiben der Wolken, während an der Oberfläche der Erde, wo ſich der Beobachter aufhält, ein heftiger Wind weht, iſt häufig beobachtet worden, und iſt ſtets nur ein ſcheinbares Phänomen, wenn nicht in den höheren Regionen der Atmoſphäre, in denen ſich jene Wolken befinden, Ruhe herrſcht, während untere Luftſchichten ſich bewegen. (Vergl. d. Art. Winde). Häufig treten ſolche ſcheinbar ſtehende Wolken da auf, wo ſich Wolken fortwährend eben ſo ſchnell bilden, als ſie wieder zerſtreut werden. Vermiſchung von Luftſchichten, welche ungleiche Temperatur haben, kann ſolche Wolkenbildung veranlaſſen.

So mannigfach verſchieden auch die Wolkengebilde ſind, ſo kann man doch eine gewiſſe Uebereinſtimmung gewiſſer Arten von Wolken unterſcheiden. Hierauf hat zuerſt Luke Howard aufmerkſam gemacht und zugleich eine beſtimmte Terminologie für die Wolkenbildungen ein-

geführt. Derſelbe unterſcheidet drei weſentlich verſchiedene Hauptformen der Wolken, den Cirrus, Cumulus und Stratus, denen ſich noch 4 Unterarten, theils als Uebergänge, theils als aus mehren anderen verbunden anſchließen, nämlich Cirrocumulus, Cirroſtratus, Cumuloſtratus und Nimbus.*) Der Cirrus oder die Federwolke beſteht meiſtens aus zarten Fäden, welche bald als ein feiner weißlicher Federpinſel am blauen Himmel erſcheinen, bald das Anſehen von gekräuſelten Locken haben, bald ſich netzförmig durchkreuzen. Von keiner Wolkenart iſt das Anſehen ſo verſchieden, zuweilen ändert der Cirrus in kurzer Zeit ſein Anſehen, zu andern Zeiten ſteht er ſtundenlang ruhig an derſelben Stelle, ja es trifft ſich wohl, daß mehre zugleich an ſehr verſchiedenen Punkten des Himmels ſtehende Federwolken daſſelbe Anſehen haben. — Der Cumulus oder die Haufenwolke zeigt ſich in der einfachſten Form als Halbkugel über einer horizontalen Grundfläche; es häufen ſich bald mehre ſolcher einzelnen Halbkugeln zuſammen, und bilden die Wolken, welche am Horizonte ſtehend, einem Gebirge mit glänzenden Gipfeln, theils hell beleuchtet, theils dunkel ſchattirt gleichen. — Der Stratus oder die Schichtwolke, iſt eine oben und unten horizontal begrenzte Nebelſchicht, welche wir an heitern Sommertagen über Wieſen und Gewäſſern liegen ſehen, die ſich beim Untergange der Sonne bildet, und nach ihrem Aufgange wieder verſchwindet. Es gehören hiezu alſo die feinen Nebel, welche häufig bei ſtarker Thaubildung auftreten, ſo wie die niedrigen Nebelſchichten über den Polarmeeren. — Unter Cirrocumulus, fedrige Haufenwolke, verſteht Howard auftreten, runden, in Reihen geordneten Wolken, welche in Deutſchland gewöhnlich Schäfchen heißen. Ihre äußere, meiſtens abgerundete Form ſcheint ſie den Haufenwolken zuzugeſellen, aber ihrem innern Baue nach und als hochſtehende, leichte und glänzende Wolken ſind ſie den Federwolken nahe verwandt. — Der Cirroſtratus, fedrige Schichtwolke, beſteht aus flachen Wolkenblättchen, auch wohl aus kurzen faſerigen Theilen, die aber ſchon dichter ausſehen, als die Federwolken; er bildet allemal eine horizontale Schicht, welche im Zenith aus einer Menge zarter Wolken zuſammengeſetzt erſcheint, am Horizonte aber, wo wir den verticalen Queerſchnitt ſehen, ſich als eine lange dichte Wolke von ſehr geringer Breite zeigt. Da die kleinen Wolken, aus denen ſie beſteht, oft in einem den ganzen Himmel bedeckenden Nebel ſtehen, und zuweilen ganz in dieſe neblige Umgebung zerfloſſen ſcheinen, ſo bildet ſie einen Uebergang zu einer Schichtwolke, welche als ausgebreiteter Nebel über uns ſteht. Sie kann aber auch den Uebergang zur Haufenwolke machen, wenn ihre leichten, faſerigen und federigen Theile ſich verdichten, und das dickere, dunklere und dichtere Anſehen der Haufenwolke annehmen, die dann ganz in ihrer halbkugelförmigen Geſtalt erſcheint, aber doch offenbar aus zuſammengeballten Stücken beſteht. — Wenn die Cumuli ſich häufen, ſich immer mehr und mehr über einander

*) Die nachfolgende Beſchreibung der einzelnen Wolkenbildungen iſt aus Kämtz „Meteorologie" entlehnt.

thürmen und ein dunkleres Anſehen erhalten, ſo geht dieſe Wolkenart in den Cumuloſtratus, die gethürmte Haufenwolke, über; die Wolke ſteht dann nicht ſelten wie ein dunkles Gebirge über dem Horizonte und droht in die eigentliche Regen= oder Gewitterwolke überzugehen. — Die eigentliche Regenwolke, der Nimbus oder Cirrocumuloſtratus, entſteht meiſtens aus dem Cumuloſtratus. Sie zeigt ſich als dunkle Wolkenmaſſe, mehr oder weniger horizontal ausgebreitet, mit einem faſerigen Rande, ſo daß man nicht mehr im Stande iſt, die einzelnen Theile, wie im Cumulus, zu erkennen.

Wenn längere Zeit heitere Witterung geherrſcht hat, und es tritt nachher der Cirrus auf, ſo iſt dieſes gewöhnlich ein Vorbote des bald nachher eintretenden Regens. Sind die Fäden der Wolke ſcharf begrenzt, ſo dauert nach Brandes das trockene Wetter wohl noch einige Tage fort; nahen Regen zeigt es an, wenn die Wolkenfäden verwaſchen ſind. Der Cirrus bewegt ſich immer nach der Länge der Faſern und die ſogenannten Windbäume (Federwolken, welche nach einer Seite ſpitz auslaufen, während ſie an der andern viele Aeſte haben) haben ihren Namen erhalten, weil ihre Spitze größtentheils nach der Richtung zeigt, aus welcher der Wind kommt. Die niedergeſchlagenen Dünſte erſtrecken ſich viel weiter, als wo wir die Grenze der Federwolken erblicken, und bei großer Feuchtigkeit der Atmoſphäre erhält durch ſie der Cirrus die ſchon erwähnten verwaſchenen Ränder. Dabei nimmt gewöhnlich der ganze Himmel ein mehr oder weniger hellblaues Anſehn an. Dauert dieſer Zuſtand längere Zeit fort, ſo geht der Cirrus in den Cirrocumulus oder häufiger in den Cirroſtratus über. Das Entſtehen des erſten gleicht einem Gerinnen, indem die kleinen, runden und glänzenden Wolken ganz das Anſehen haben wie Seifenwaſſer, welches unter hartes Waſſer gegoſſen wird. Namentlich wenn ſie des Morgens in dieſer Geſtalt auftreten, zeigen ſie gewöhnlich heiteres und warmes Wetter an. Sie entſtehen wahrſcheinlich dadurch, daß ſich ein warmer Luftſtrom über die kältere Luft ergießt. Dieſes wird dadurch beſtätigt, daß gewöhnlich nachher ein warmer Südwind die Erdoberfläche erreicht. In dieſen Wolken müſſen die Dunſttheilchen in großem Abſtande von einander ſtehen, denn Humboldt ſah dieſelben in Cumana oft ſo dünn, daß man noch Sterne 4ter Größe und ſogar die Mondflecken durch ſie beobachten konnte. Die Sterne erſchienen dabei von funkelndem Lichte und hieraus ſcheint zu folgen, daß in jenen Wolken Luftmaſſen von ungleicher Temperatur gemiſcht ſind (ſ. d. Art. Sterne S. 601). Wenn die Federwolke in den Cirroſtratus übergeht, ſo werden die Fäden derſelben immer verwaſchener, das Blau des Himmels wird heller, aus den einzelnen Fäden kommen andere auf ihnen ſenkrecht ſtehende, der Cirrus wird immer breiter und der ſo gebildete Cirroſtratus bedeckt entweder nur einen Theil des Himmels oder giebt dem ganzen Himmel ein weißes Anſehen. Dieſer Uebergang zeigt gewöhnlich Regen an, indem ſich meiſt in der Tiefe andere Wolkenarten, beſonders Cumuli und Cumuloſtrati bilden. Der unter dieſen Umſtänden fallende Regen iſt gewöhnlich ſanft, hält längere Zeit an und erſtreckt ſich oft über große Flächen. Die horizon-

tale Fläche, welche der Cirroſtratus ſowohl von oben geſehen als von unten betrachtet darbietet, iſt nur ſcheinbar, weil wir durch das weiße Licht geblendet einzelne Ungleichheiten nicht wahrzunehmen vermögen. Nur dann, wenn der Cirroſtratus lockerer iſt, wenn ſeine Ränder mehr aus gekräuſelten als aus geraden Faſern beſtehen und er dem Cirrocumulus näher kommt, ſcheint ſein innerer Bau gleichförmiger zu ſein. — Dieſe Wolkenart zeigt ſich vorherrſchend dann, wenn Südweſtwinde in den obern Regionen das Uebergewicht erhalten haben und nun bei ſinkendem Barometer den Nordwind in der Tiefe zurücktreiben. Dann iſt der öſtliche Himmel noch heiter, während ſich eine dichte Schicht von Cirroſtraten in Geſtalt einer Wolkenbank am weſtlichen Horizonte zeigt, für welche Göthe den Namen Paries vorſchlägt. An ihrem obern Theile erſcheint dieſe Wolkenmaſſe mehr oder weniger weiß, aber gegen den Horizont wird ſie immer tiefgraublauer, nach und nach verbreitet ſich dieſe Bildung über den ganzen Himmel; die untergehende Sonne erſcheint mehr oder weniger blutroth durch dieſe Wolken. Dieſes iſt ein ſicheres Vorzeichen von Regen, der noch während der Nacht oder am folgenden Tage kommt. Solche Wolkenſtreifen, durch welche die untergehende Sonne ſehr matt erſcheint, deuten zwiſchen den Wendekreiſen ebenfalls Regen und Unwetter an. — Zur Zeit von Regenwetter bedeckt dieſe Wolkenart oft große Stellen des Himmels, unter welcher die Regenwolken ſchnell fortziehen; zu andern Zeiten erſcheint ſie in Geſtalt langgedehnter ſchmaler Maſſen, welche beſonders von der untergehenden Sonne ſehr ſchön gefärbt erſcheinen. So lange ſie noch in Menge vorherrſcht und Regenwolken darunter fortziehen, dürfen wir auf kein heiteres Wetter rechnen. Es geſchieht nicht ſelten, daß dieſe Wolkenart in Geſtalt eines ſchmalen Streifens von geringer Breite von einem Ende des Horizontes bis zum andern reicht. Dieſe Streifen fallen häufig mit dem Meridiane zuſammen, oder ſie liegen im magnetiſchen Meridiane und ſind dann Vorboten von Nordlichtern. Der Grund hievon ſcheint darin zu liegen, daß der ankommende feuchte Südwind den Nordwind zurücktreibt, und daß ſich hier an der Gränze ungleich warmer Winde Dämpfe niederſchlagen. Solcher Wolkenſtreifen ſieht man oft mehre, ſie haben ganz das Anſehen von größten Kreiſen, die von einem gemeinſamen Punkte auslaufen und ſich über den Himmel verbreiten. Indeſſen iſt dieſe ſcheinbare Krümmung, ſowie die Convergenz der Wolken nur ein optiſcher Betrug, die Wolkenſtreifen ſind mehr oder weniger parallel, wie dieſes Käſtner, Kries und Wrede gezeigt haben.

Der Cirrus geht unter allen Wolkengebilden am höchſten. Man kann annehmen, daß die mittlere Höhe der Federwolken 20000 Fuß betrage, welches eine Höhe iſt, in der die Temperatur ſich ſicher unter 0 befindet, *) und hieraus folgt dann mit großer Wahrſcheinlichkeit, daß dieſe Wolken aus Eistheilchen von großer Feinheit beſtehen, worauf auch das blendend weiße Anſehen der-

*) Vergl. d. Art. Erde S. 326.

ſelben hindeutet. Auch die Erſcheinung der großen Höfe um Sonne und Mond deutet auf die Gegenwart feiner Eistheilchen in der Atmoſphäre (Vergl. d. Art. **Hof** S. 128.). Wenn man die Stellen dieſer Wolken, welche ungefähr 22° von der Sonne abſtehen, mittels eines geſchwärzten Glasſpiegels betrachtet, ſo entdeckt man bei einiger Uebung bald in den meiſten kleine Stücke von Höfen, die ſich indeß freilich oft nur durch größere Lichtſtärke zu erkennen geben, oft (vielleicht dann, wenn Luftſtröme die Theilchen lebhafter bewegen) bemerkt man keine Höfe; wenn man aber dieſelbe Wolke längere Zeit in der angegebenen Weiſe beobachtet, ſo treten abwechſelnd an verſchiedenen Stellen Spuren von Höfen auf. Bei der Umwandlung des Cirrus in andere Wolkengebilde ſinkt derſelbe aus ſeiner Höhe herab und dabei verwandeln ſich dann wahrſcheinlich ſeine Eistheilchen mehr oder weniger in Dunſtbläschen. Der **Cumulus** beſteht wahrſcheinlich ſchon ganz aus Dampfbläschen und zeigt in ſeiner reinen Geſtalt meiſtens eine aus Kugelſegmenten zuſammengeſetzte Maſſe mit ſcharf begrenzten Rändern. Bei heiterem Wetter, wenn ſich vielleicht kaum Spuren von Cirris und Cirroſtratis zeigen, erſcheint dieſe Wolkenart namentlich im Sommer oft in großer Menge, ohne daß wir bei dem fortdauernd dunkelblauem Anſehen des Himmels einen Niederſchlag zu befürchten haben. Wenn ſich nämlich der während der Nacht gebildete Stratus verloren hat, erſcheint der Himmel völlig heiter; um etwa 9 Uhr zeigen ſich an einzelnen Stellen kleine, kaum wahrnehmbare Wölkchen von lockerem Bau, welche ſich nach und nach vergrößern und immer ſchärfer begrenzt werden. Zahl und Dichtigkeit dieſer Wolken erreichen einige Zeit nach der größten Tageswärme ihr Maximum, darauf nimmt die Zahl der Wolken wieder ab, und um die Zeit des Sonnenunterganges iſt der Himmel ganz heiter. Im Herbſte kann man das Phänomen häufig noch auf eine überraſchendere Art ſehen; der Stratus, welcher dann meiſtens dichter iſt, löſt ſich bald auf, und dabei ſteigen die Bläschen ſichtlich ſchnell aufwärts und verſchwinden in einiger Höhe. Eben dieſe Periodicität bemerkt man auch an den Wolken, die ſich um die Spitze der Gebirge, z. B. den Pic auf Teneriffa, lagern und bei den tropiſchen Gewittern. — Dieſer Vorgang ergiebt ſich, wie ſchon **Sauſſure** bemerkte, aus dem aufſteigenden warmen Luftſtrome. Wenn nämlich die Sonne am Morgen den Boden erwärmt, ſo verdunſtet das Waſſer, welches ſich in Geſtalt von Thau niedergeſchlagen hatte, und die Atmoſphäre der untern Regionen rückt dem Zuſtande der Sättigung näher; bald aber erhebt ſich der aufſteigende warme Luftſtrom, welcher die Dämpfe mit in die Höhe reißt und nach den obern Regionen führt. Indem der Dampf auf dieſe Art in kältere Luftſchichten gelangt, werden dieſe bald geſättigt und es zeigt ſich ein ſchwacher Niederſchlag. So wie die Temperatur des Tages ſteigt, wird dieſer aufſteigende Luftſtrom immer lebhafter, die Dämpfe werden mit größerer Schnelligkeit in die Höhe geführt und während die abſolute Dampfmenge am Boden geringer wird, nimmt ſie in der Höhe zu. Die Dämpfe entfernen ſich [mi]t der Zunahme der Tageswärme weiter vom Boden, der aufſteigende [Luf]tſtrom führt die Bläschen mechaniſch in immer bedeutendere Höhen,

und da die Temperatur ihrer Umgebung geringer wird, nimmt auch die Dichtigkeit der Wolken zu. Einige Zeit nach der größten Wärme des Tages nimmt der aufſteigende Luftſtrom ab, die Wolken ſinken in die Tiefe, wie man auf hohen Bergen deutlich wahrnehmen kann. Indem die Wolke auf dieſe Art in wärmere Luftſchichten gelangt, wird ein Theil der Bläschen aufgelöſt und die Wolke verſchwindet, ſo wie ſie tiefer ſinkt. Löſen ſich die Wolken am Abende nicht auf, ſondern bedecken noch einen großen Theil des Himmels, ſo kann man auf einen baldigen Niederſchlag rechnen; denn in dieſem Falle iſt die ganze Atmoſphäre größtentheils mit Dampf geſättigt, wodurch die Auflöſung der Wolke verhindert wird. Es verwandelt ſich in dieſem Falle der Cumulus meiſtens in den Cumuloſtratus und dieſer in den Nimbus. Beſonders dann, wenn in den höheren Regionen nur wenige Cirri oder Cirroſtrati ſind, verwandelt ſich der Cumulus unmittelbar in den Nimbus. Es iſt dieſes bei Regenſchauern der Fall, wenn die Richtung der obern und untern Winde ſehr verſchieden iſt und der obere kalte Luftſtrom ſich mit Schnelligkeit bewegt. Hier ſieht man einen Cumulus oft ſich langſam bewegen, in wenigen Minuten verliert er den ſcharfen Umriß, Faſern ſtrecken ſich nach allen Seiten aus, die Wolke bewegt ſich mit größerer Schnelligkeit, es findet eine große Unruhe in ihr Statt und es fällt Regen herab. Bei großer Störung im Gleichgewicht der Atmoſphäre kann es wohl geſchehen, daß es ohne vorhergehende Wolkenbildung regnet, oder in niedriger Temperatur ſchneit. In dieſem Falle kann es ſich ereignen, daß die herabfallenden Tropfen wieder verdunſten, ehe ſie den Boden erreichen. — Die durch einen kalten Luftſtrom bedingte Condenſation zeigt ſich weit lebhafter dann, wenn auf einen warmen Südwind ſchnell ein kalter Nordwind folgt, welcher zuerſt in den obern Schichten der Atmoſphäre das Uebergewicht erhält. Schnell vergrößern ſich die Cumuli, gehen in Cumuloſtrati über, und der ganze Himmel iſt bald mit einer grauen Wolkenſchicht bedeckt, aus welcher es lebhaft regnet; dabei ſteigt das Barometer, aber nach einigen Stunden erfolgt bei fortherrſchendem Nordwinde heiteres Wetter. — Dieſer Vorgang, ſo häufig ſich derſelbe auch zeigt, iſt nicht der gewöhnliche bei anhaltendem Regen. Hier iſt man meiſtens im Stande zwei Wolkenſchichten zu erkennen. Nachdem ſich die Cirri in dichtere Cirroſtrati verwandelt haben, ſo wird die untere Luftmaſſe erkaltet, die Dämpfe ſchlagen ſich als Cumuli nieder, und in kurzer Zeit verwandeln ſich dieſe in Nimbi. Der Regen in dieſem Falle zeigt ſich meiſtens bei ſinkendem Barometerſtande und hält länger an, als der obige. Bewegen ſich dieſe unteren Wolken mit großer Schnelligkeit und vielleicht nach einer andern Richtung als die Cirroſtrati, dann dauert dieſes Wetter noch längere Zeit fort. — Wenn der Boden ſchon durch vorhergehende Regen feucht war, ſo erfolgt dieſe Verwandlung der Wolken weit lebhafter. Herrſcht dann in den untern Regionen kein Wind, dann ſteigen bei heiterem Himmel die Dämpfe mit großer Schnelligkeit in Menge in die Höhe; Cirri, Cirroſtrati und tiefere Cumuli nehmen in kurzer Zeit an Umfang zu, und zur Zeit der größten Tageswärme erfolgt ein heftiger Regenguß,

welcher häufig in ein Gewitter ausartet. — In vielen Fällen zeigt ſich namentlich im Sommer ein Vorgang, welcher von dem beſchriebenen etwas abweicht. Die Sonne geht bei völlig bewölktem Himmel auf und dabei regnet es häufig. Um etwa 7 oder 8 Uhr hört der Regen auf, der Himmel iſt mit einer einzigen Wolkenſchicht bedeckt, welche ſich durch graue Farbe auszeichnet, aber keine der erwähnten Modificationen rein zeigt. Die Farbe und Structur erinnert an den Cumulus oder Cumuloſtratus; die gleichförmige Ausbreitung an den Cirroſtratus. Bald zeigen ſich einzelne Lücken in dieſer Schicht, ſie verwandeln ſich nach und nach in Cumuli oder Cumuloſtrati und zur Zeit der größten Tageswärme ſieht man faſt reine Cumuli. Sowie aber die Wärme abnimmt, breiten ſich die Wolken wieder aus, nach dem Untergange der Sonne iſt der Himmel ganz bewölkt und in der Nacht regnet es wieder. Dieſer Vorgang, welcher ſich oft mehrere Tage auf dieſe Art wiederholt, ſcheint ſeinen Grund in verſchiedenen über einander fortgehenden Luftſtrömen zu haben. Sowie die Sonne am Morgen den obern Theil der Wolkenſchicht erwärmt, werden die Bläschen aufgelöſt, und indem ſie vielleicht wärmere Luftſchichten erreichen, werden ſie nicht in hinreichender Menge condenſirt, um Regen zu erzeugen. Sowie die Wärme am Abend abnimmt, kann die Luft nicht alle Dämpfe behalten, es bilden ſich Bläschen und bei geringerer Wärme in der Nacht fällt das Waſſer in Geſtalt von Tropfen herab. Ueber die Höhe der Wolken hat man nur wenige Kenntniſſe. *) Ric-

*) Man hat verſchiedene Methoden die Höhe einer Wolke zu beſtimmen. Kämtz theilt darüber Folgendes mit. Das ſcheinbar einfachſte Verfahren iſt das von Riccioli angegebene. Zwei Beobachter, A und B, welche ſich in einer bekannten Entfernung von einander befinden, meſſen in demſelben Momente den Höhenwinkel einer Wolke, die mit ihnen in einem Verticalkreiſe liegt. Dadurch wird der Beobachter A in den Stand geſetzt, die Entfernung der Wolke von ſeinem Beobachtungspuncte und, da der Höhenwinkel bekannt iſt, ihre verticale Höhe zu berechnen. — So einfach dieſes Verfahren ſcheint, ſo wird es beſonders dadurch beſchwerlich, daß die beiden Beobachter bei einer größeren Diſtanz ſich nur mit Mühe verſtändigen können. Da es bei dieſer ganzen Arbeit darauf ankommt, einen zweiten Winkel in dem Dreiecke zu erhalten, ſo kann man dazu die Sonne mit großem Erfolge anwenden. Wenn eine Wolke ſich in dem durch die Sonne gehenden Verticalkreiſe befindet, ſo beachte man die Stelle, wohin ihr Schatten fällt, und meſſe die Höhe der Sonne und der Wolke. Da alle Sonnenſtrahlen unſerer Vorausſetzung zufolge mit dem Horizonte gleiche Winkel bilden, ſo ſind in dem aufzulöſenden Dreiecke die beiden Winkel gegeben, und wenn die Diſtanz des Beobachtungsortes von der Grenze des Schattens gemeſſen wird, auch eine Seite, und alle Stücke laſſen ſich daher beſtimmen. — Mit dieſem Verfahren nahe verwandt iſt das von Lambert angewendete. Man beobachte den Punkt, wohin die Grenze des Schattens einer Wolke fällt, welche ſich in dem durch die Sonne und den Beobachter gehenden Verticalkreiſe bewegt; zugleich wird der Höhenwinkel der Wolke gemeſſen. Nach einer

cioli beſtimmte die Höhe einer weißglänzenden Wolke zu 2177 italien. Schritt; nach einer Mittheilung eines Jeſuiten, welcher viele Meſſungen anſtellte, ſoll die Höhe nie über 5000 Schritt betragen. Bou-

---

bekannten Zeit werden beide Beobachtungen wiederholt und die Diſtanz der Punkte, wohin der Schatten fiel, gemeſſen. Da die Wolke ſich der Hypotheſe zufolge horizontal bewegt, ſo haben wir in dem zu beſtimmenden Dreiecke die eine Seite, nämlich den Weg der Wolke und die beiden an- anliegenden Winkel (Wechſelwinkel der Höhenwinkel); das Problem iſt alſo beſtimmt. Da das Zeitintervall bekannt iſt, ſo erhält man zugleich die Geſchwindigkeit der Wolke. — Ein anderes Verfahren, die Höhe der Wolken aus ihrem Schatten zu finden, hat Wrede angegeben. Eine Wolke ſtehe in dem durch die Sonne gehenden Verticalkreiſe; man beachte die Punkte, wohin der Schatten fällt, und meſſe die Höhe der den Schatten werfenden Ränder der Wolke, ſo haben wir in dem durch die Wolke und den Beobachter gehenden Dreiecke die eine Seite (Durchmeſſer der Wolke aus dem des Schattens gefunden) und die beiden anliegenden Winkel (Wechſelwinkel der Höhenwinkel), mithin ſind alle Stücke bekannt. — Wenn man ſich auf einem etwas erhöhten Standpunkte befindet, ſo laſſen ſich dieſe Methoden mehr oder weniger leicht anwenden. Ausgezeichnete Bäume, Steine und andere Objecte können zur Beſtimmung der Punkte angewendet werden, wohin der Schatten fällt, und dieſe Diſtanzen können dann entweder durch geodätiſche Meſſungen oder hinreichend genau vermittels einer Specialkarte der Gegend gefunden werden. Vortheilhaft iſt es übrigens bei jeder Wolke, dieſelbe Meſſung nach einer Zeit zu wiederholen; man erfährt dadurch außer der Geſchwindigkeit auch, ob die Wolke ſich in einer horizontalen oder geneigten Ebene bewege. Iſt letzteres der Fall, ſo muß man bei dem Lambert'ſchen Verfahren die einfache, deßhalb nöthige Correction anbringen. — Daß alle dieſe Methoden auch dann anwendbar ſind, wenn der Himmel faſt ganz bewölkt iſt und ſich einzelne Wolkenlücken zeigen, verſteht ſich von ſelbſt. — Die gedachten Methoden ſetzen voraus, daß der Schatten der Wolke ſcharf begrenzt ſei, bei Cirris und den verwandten Wolkenarten iſt der Umriß des Schattens ſo unbeſtimmt, daß man ihn aus der Ferne nicht zu erkennen vermag. Aus dem Grunde hat Kämtz das Verfahren Riccioli's ſo abgeändert, daß er ohne Gehülfen die Höhe der Wolken beſtimmen konnte. Wenn eine ſolche Wolke längere Zeit hindurch daſſelbe Anſehen behielt, ſo maß er am Standpunkte A ihre Höhe; nach einer bekannten Zeit t wurde dieſelbe Operation wiederholt; die Höhe betrage im erſten Falle a, im zweiten a + x Grad. Hierauf ging er nach dem zweiten Standpunkte B, welchen er ſo wählte, daß er möglichſt nahe in der Verticalebene lag, in welcher ſich die Wolke bewegte. Hier wurde die Höhe aufs Neue gemeſſen und die Zeit beobachtet, welche zwiſchen dieſer Meſſung und der zweiten am erſten Standpunkte verfloſſen war. Dieſe Zeit ſei n t. Um nun den Winkel zu erfahren, welchen man in A zur Zeit der Meſſung in B erhalten hätte, nahm er zuerſt an, daß ſich der Höhenwinkel in gleichen

guer ſah die Wolken auf den Cordilleren mehre hundert Toiſen über ſich, was auch Humboldt von Schäfchen beobachtete. Lambert beſtimmte die Höhe wahrſcheinlich von einem Cumulus in Berlin zu 7500 Fuß. Anhaltende Beobachtungen hat Crosthwaite zu Keswick in England angeſtellt; er benutzte die Höhe des 3150 Fuß hohen Berges Skiddaw, um die Höhe jener Wolken zu beſtimmen, welche niedriger ſtanden als die Spitze des Berges. Da wenigſtens in Deutſchland im Sommer die meiſten Wolken eine bedeutendere Höhe haben, ſo wird dieſes Verfahren kein ſonderliches Reſultat geben. Unter 5381 Beobachtungen fand er 293 Wolken niedriger als 1200 Fuß (engliſch), 1640 zwiſchen 1200 und 2400 Fuß, 1300 zwiſchen 2400 und 3150 Fuß und alle übrigen höher als 3150 Fuß. — Im Julius und Auguſt 1830 hat Kämtz verſucht, die Höhe einiger Wolken zu beſtim-

---

Zeiten um dieſelbe Größe ändere; es beträgt die Aenderung während der Zeit nt alſo nx und der berechnete Winkel wird $a \pm x \pm nx = a \pm (n + 1) x$ Grade. So ſind in dem Dreiecke alſo eine Seite (die Diſtanz zwiſchen A und B) und beide Winkel gegeben, und die Höhe wird leicht beſtimmt. In vielen Fällen wird die erſte Berechnung genügen; ändert ſich aber der Winkel in kurzer Zeit ſehr bedeutend, dann iſt eine zweite Berechnung nöthig. Man ſieht dieſe zuerſt gefundene Höhe als Halbmeſſer, die Linie, in welcher ſich die Wolke bewegt, als Tangente an, und berechnet die Aenderung der Tangente während der Zeit t vermittels der bekannten Differenz des Höhenwinkel x; die Länge der Tangente bei der erſten Meſſung in a ſei b, bei der zweiten c, ſo iſt $b + n (b - c)$ die Tangente des Höhenwinkels bei der Meſſung in B, und man erhält nun die Höhe genauer. Meiſtens aber genügt das erſte Verfahren; denn wenn dieſe hoch ſchwebenden Wolken ſich ſehr ſchnell bewegen, ſo ändern ſie ihr Anſehen meiſtens in kurzer Zeit, u. das ganze Verfahren iſt nicht anwendbar. — Jacob Bernoulli gibt ein Verfahren an, die Höhe der Wolken während der Dämmerung zu beſtimmen. Iſt die Sonne eben untergegangen, ſo werden alle einzelnen am Himmel ſtehenden Wolken noch von ihr beſchienen und erſcheinen mehr oder weniger geröthet; ſo wie ſie tiefer ſinkt, werden die am öſtlichen Horizonte ſtehenden Wolken nicht mehr beſchienen, ſie erſcheinen mehr oder weniger dunkel, während die im Zenith und am weſtlichen Himmel ſtehenden noch erleuchtet werden. Der Moment, wo die Beleuchtung aufhört, läßt ſich meiſtens ſcharf wahrnehmen und ſo die Tiefe der Sonne unter dem Horizonte berechnen; aus dem Azimuth und der Höhe der Wolke läßt ſich dann ihre Diſtanz von der Erdoberfläche finden. — Bei Gewitterwolken iſt häufig ein anderes Verfahren empfohlen worden. Man mißt den Höhenwinkel, in welchem ſich der Blitz zeigt, und beobachtet die Zahl der Secunden zwiſchen Blitz und Donner; nimmt man an, daß der Schall ſich im Durchſchnitte während der Secunde durch einen Raum von 1050 Fuß bewege, ſo erhält man die Entfernung des Blitzes vom Beobachtungsorte und aus dem beobachteten Zenithabſtande die verticale Höhe.

men. Es zeigte ſich ſehr bald, daß Wolken derſelben Art zu derſelben Zeit in Höhen ſchwebten, welche Differenzen von 1000 Fuß gaben. So fand er an einem Nachmittage die Höhe der Cumuli zwiſchen 7300 und 8500 Fuß. Eben ſo iſt die Höhe derſelben Wolkenart an verſchiedenen Tagen ſehr ungleich. So war die Höhe der Cumuli im Mittel mehrerer Meſſungen am 6ten Julius 8050 Fuß, am 11ten 4750 Fuß. Nehme ich, ſagt Kämtz, für die gedachte Zeit das Mittel meiner Meſſungen, ſo ergibt ſich, daß die Cumuli zwiſchen 9 Uhr Morgens und 6 Uhr Abends ſich in Höhen zwiſchen 3000 Fuß und 10000 Fuß bewegen, im Durchſchnitt aber glaube ich nicht viel über 5000 Fuß annehmen zu dürfen. Je geringer die Zahl der am Himmel ſichtbaren Cumuli iſt, deſto größer ſcheint ihre Höhe zu ſein, doch fehlt es an einer hinreichenden Zahl von Meſſungen, um dieſen Satz als allgemein auszugeben. Die Höhe der wenigen Cirri, welche Kämtz beobachten konnte, ſchwankt zwiſchen 10000 und 24000 Fuß, vielleicht durfte 20000 Fuß der in unſern Gegenden für den Sommer gültigen Größe bei heiterem Wetter am nächſten kommen. Nur zweimal iſt es Kämtz gelungen, die Höhe eines Cirroſtratus zu meſſen. In dem einen Falle betrug dieſe 11000, in einem zweiten an demſelben Tage 10500, ſo daß man 11000 Fuß annähernd annehmen könnte. Die Höhe von Regenwolken und Cirrocumulis hat Kämtz nicht beſtimmt, da die Beobachtungen ſehr unſicher waren; die Höhe von Gewitterwolken hat derſelbe zwiſchen 1500 und 5000 Fuß variirend gefunden, jedoch iſt das Reſultat ſtets unſicher, da die Länge des Blitzes mehre Grade beträgt und wir nicht wiſſen, von welchem Punkte wir den Donner hören. Der Stratus berührt die Oberfläche der Erde.

Y.

Yttrium, ein unedles ſchweres Metall, wurde 1794 von Gadolin als Oxyd entdeckt, 1828 von Wöhler als metalliſche Subſtanz dargeſtellt, und findet ſich nur ſehr ſelten natürlich vorkommend, im Ytterit, Yttrocerit, Gadolinit verbunden mit Phosphorſäure, Kieſelerde, Cererde u. ſ. w. Die von Wöhler dargeſtellte metalliſche Subſtanz zeigte kleine eiſengraue, metalliſchglänzende Schuppen, die nach dem Auswaſchen und Trocknen als ein ſchwarzgraues ſchimmerndes Pulver erſchienen. Es nahm unter dem Polirſtahl einen dunkeln Metallglanz an, zerlegte das Waſſer nicht, und blieb an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur unverändert; an der Luft erhitzt verbrannte es unter Feuerentwickelung, und im Sauerſtoffgas mit ſehr glänzendem Licht, zu Yttererde, der einzigen bis jetzt bekannten Sättigungsſtufe des Yttriums mit Sauerſtoff. Dieſe Yttererde iſt ein röthliches oder gelbliches, geſchmackloſes, unſchmelzbares Pulver von 4,84 ſpec. Gew., welches eine größere Verwandtſchaft zu den Säuren zeigt, als z. B. Kieſel-,

guer ſah die Wolken auf den Cordilleren mehre' hundert Toiſen über ſich, was auch Humboldt von Schäfchen beobachtete. Lambert beſtimmte die Höhe wahrſcheinlich von einem Cumulus in Berlin zu 7500 Fuß. Anhaltende Beobachtungen hat Crosthwaite zu Keswick in England angeſtellt; er benutzte die Höhe des 3150 Fuß hohen Berges Skiddaw, um die Höhe jener Wolken zu beſtimmen, welche niedriger ſtanden als die Spitze des Berges. Da wenigſtens in Deutſchland im Sommer die meiſten Wolken eine bedeutendere Höhe haben, ſo wird dieſes Verfahren kein ſonderliches Reſultat geben. Unter 5381 Beobachtungen fand er 293 Wolken niedriger als 1200 Fuß (engliſch), 1640 zwiſchen 1200 und 2400 Fuß, 1300 zwiſchen 2400 und 3150 Fuß und alle übrigen höher als 3150 Fuß. — Im Julius und Auguſt 1830 hat Kämtz verſucht, die Höhe einiger Wolken zu beſtim-

---

Zeiten um dieſelbe Größe ändere; es beträgt die Aenderung während der Zeit nt alſo nx und der berechnete Winkel wird $a + x + nx = a + (n + 1) x$ Grade. So ſind in dem Dreiecke alſo eine Seite (die Diſtanz zwiſchen A und B) und beide Winkel gegeben, und die Höhe wird leicht beſtimmt. In vielen Fällen wird die erſte Berechnung genügen; ändert ſich aber der Winkel in kurzer Zeit ſehr bedeutend, dann iſt eine zweite Berechnung nöthig. Man ſieht dieſe zuerſt gefundene Höhe als Halbmeſſer, die Linie, in welcher ſich die Wolke bewegt, als Tangente an, und berechnet die Aenderung der Tangente während der Zeit t vermittels der bekannten Differenz des Höhenwinkel x; die Länge der Tangente bei der erſten Meſſung in a ſei b, bei der zweiten c, ſo iſt $b + n (b - c)$ die Tangente des Höhenwinkels bei der Meſſung in B, und man erhält nun die Höhe genauer. Meiſtens aber genügt das erſte Verfahren; denn wenn dieſe hoch ſchwebenden Wolken ſich ſehr ſchnell bewegen, ſo ändern ſie ihr Anſehen meiſtens in kurzer Zeit, u. das ganze Verfahren iſt nicht anwendbar.— Jacob Bernouilli gibt ein Verfahren an, die Höhe der Wolken während der Dämmerung zu beſtimmen. Iſt die Sonne eben untergegangen, ſo werden alle einzelnen am Himmel ſtehenden Wolken noch von ihr beſchienen und erſcheinen mehr oder weniger geröthet; ſo wie ſie tiefer ſinkt, werden die am öſtlichen Horizonte ſtehenden Wolken nicht mehr beſchienen, ſie erſcheinen mehr oder weniger dunkel, während die im Zenith und am weſtlichen Himmel ſtehenden noch erleuchtet werden. Der Moment, wo die Beleuchtung aufhört, läßt ſich meiſtens ſcharf wahrnehmen und ſo die Tiefe der Sonne unter dem Horizonte berechnen; aus dem Azimuth und der Höhe der Wolke läßt ſich dann ihre Diſtanz von der Erdoberfläche finden. — Bei Gewitterwolken iſt häufig ein anderes Verfahren empfohlen worden. Man mißt den Höhenwinkel, in welchem ſich der Blitz zeigt, und beobachtet die Zahl der Secunden zwiſchen Blitz und Donner; nimmt man an, daß der Schall ſich im Durchſchnitte während der Secunde durch einen Raum von 1050 Fuß bewege, ſo erhält man die Entfernung des Blitzes vom Beobachtungsorte und aus dem beobachteten Zenithabſtande die verticale Höhe.

men. Es zeigte ſich ſehr bald, daß Wolken derſelben Art zu derſelben Zeit in Höhen ſchwebten, welche Differenzen von 1000 Fuß gaben. So fand er an einem Nachmittage die Höhe der Cumuli zwiſchen 7300 und 8500 Fuß. Eben ſo iſt die Höhe derſelben Wolkenart an verſchiedenen Tagen ſehr ungleich. So war die Höhe der Cumuli im Mittel mehrerer Meſſungen am 6ten Julius 8050 Fuß, am 11ten 4750 Fuß. Nehme ich, ſagt Kämtz, für die gedachte Zeit das Mittel meiner Meſſungen, ſo ergibt ſich, daß die Cumuli zwiſchen 9 Uhr Morgens und 6 Uhr Abends ſich in Höhen zwiſchen 3000 Fuß und 10000 Fuß bewegen, im Durchſchnitt aber glaube ich nicht viel über 5000 Fuß annehmen zu dürfen. Je geringer die Zahl der am Himmel ſichtbaren Cumuli iſt, deſto größer ſcheint ihre Höhe zu ſein, doch fehlt es an einer hinreichenden Zahl von Meſſungen, um dieſen Satz als allgemein auszugeben. Die Höhe der wenigen Cirri, welche Kämtz beobachten konnte, ſchwankt zwiſchen 10000 und 24000 Fuß, vielleicht durfte 20000 Fuß der in unſern Gegenden für den Sommer gültigen Größe bei heiterem Wetter am nächſten kommen. Nur zweimal iſt es Kämtz gelungen, die Höhe eines Cirroſtratus zu meſſen. In dem einen Falle betrug dieſe 11000, in einem zweiten an demſelben Tage 10500, ſo daß man 11000 Fuß annähernd annehmen könnte. Die Höhe von Regenwolken und Cirrocumulis hat Kämtz nicht beſtimmt, da die Beobachtungen ſehr unſicher waren; die Höhe von Gewitterwolken hat derſelbe zwiſchen 1500 und 5000 Fuß variirend gefunden, jedoch iſt das Reſultat ſtets unſicher, da die Länge des Blitzes mehre Grade beträgt und wir nicht wiſſen, von welchem Punkte wir den Donner hören. Der Stratus berührt die Oberfläche der Erde.

Y.

Yttrium, ein unedles ſchweres Metall, wurde 1794 von Gadolin als Oxyd entdeckt, 1828 von Wöhler als metalliſche Subſtanz dargeſtellt, und findet ſich nur ſehr ſelten natürlich vorkommend, im Ytterit, Ytterocerit, Gadolinit verbunden mit Phosphorſäure, Kieſelerde, Cererde u. ſ. w. Die von Wöhler dargeſtellte metalliſche Subſtanz zeigte kleine eiſengraue, metalliſchglänzende Schuppen, die nach dem Auswaſchen und Trocknen als ein ſchwarzgraues ſchimmerndes Pulver erſchienen. Es nahm unter dem Polirſtahl einen dunkeln Metallglanz an, zerlegte das Waſſer nicht, und blieb an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur unverändert; an der Luft erhitzt verbrannte es unter Feuerentwickelung, und im Sauerſtoffgas mit ſehr glänzendem Licht, zu Yttererde, der einzigen bis jetzt bekannten Sättigungsſtufe des Yttriums mit Sauerſtoff. Dieſe Yttererde iſt ein röthliches oder gelbliches, geſchmackloſes, unſchmelzbares Pulver von 4,84 ſpec. Gew., welches eine größere Verwandtſchaft zu den Säuren zeigt, als z. B. Kieſel-,

Thon- oder Beryllerde, und mit dieſer die Yttererdenſalze bildet, farbloſe oder rothe, ziemlich ſchwere, im Waſſer zum Theil lösliche, zum Theil unlösliche Subſtanzen, welche durch Alkalien zerlegt, durch Gallustinctur in graue Flocken gefällt werden. — Mit Schwefel verbindet ſich das Yttrium unter Feuererſcheinung zu einem dunkelgrauen im Waſſer unauflöslichen und das Waſſer nicht zerſetzenden Pulver, welches mit Säuren behandelt raſch Hydrothionſäure entwickelt. Die einfach ſchwefelſaure Yttererde erſcheint in blaßamethiſtrothen Kryſtallen, in der Form von 4 — 6ſeitigen Säulen, mit 4flächiger Zuſpitzung. Phosphoryttrium, ein ſchwarzgraues Pulver, entſteht durch Erhitzung des Phosphors mit Yttrium unter Feuererſcheinung; ins Waſſer geworfen, entwickelt es ſelbſtentzündliches Phosphorwaſſerſtoffgas.

Z.

Zeit iſt die allgemeine Vorſtellung ununterbrochener gleichmäßiger Bewegung, welche ſich daher an Alles knüpft, was ſich bewegt oder verändert. Zur Meſſung der Zeit kann man ſich jeder ununterbrochenen gleichförmigen Bewegung bedienen und unſere Zeitmeſſer, die Uhren, ſind nichts anderes als Inſtrumente mit ununterbrochener gleichmäßiger Bewegung. Da jedoch dieſe Uhren ſelbſt etwas Gemachtes ſind, ſo iſt ihre eigene Bewegung erſt nach einer anderen ſich von ſelbſt ohne unſer Zuthun vollführenden Bewegung als gleichförmig zu reguliren. Eine ſolche Bewegung hat aber die Erde ſelbſt in ihrer Axenumdrehung. Außer dieſer gleichmäßigen Bewegung hat jedoch die Erde noch eine zweite ungleichförmige Bewegung, nämlich die in ihrer Bahn um die Sonne. Jene erſte, nicht dieſe zweite Bewegung wird daher allein zur Zeitmeſſung zu benutzen ſein. Weder die eine, noch die andere Bewegung der Erde können wir indeß an dieſer ſelbſt wahrnehmen, wir erkennen ſie nur an der ſcheinbaren Bewegung der anderen Himmelskörper, unter denen die Erde im Himmelsraum ſich bewegt. Die tägliche Bewegung der Sterne von Oſten nach Weſten iſt die Erſcheinung der Axendrehung der Erde, die Bewegung der Sonne unter den Fixſternen die Erſcheinung der Bewegung der Erde in ihrer Bahn. Nur die tägliche Bewegung der Sterne (deren einer auch die Sonne) von Oſten nach Weſten iſt, wie aus dem Vorhergehenden folgt, zur Zeitmeſſung brauchbar, weil ſie gleichmäßig Aber es ſcheint, als wenn auch ſie von der ungleichmäßigen Bewegung der Erde in der Bahn geſtört ſein müſſe, denn da beide Erdbewegungen fortwährend zugleich erfolgen, ſo iſt nothwendig, wie es ſcheint, daß die ſcheinbare Bewegung der Geſtirne ein Reſultat beider Bewegungen der Erde ſein müſſe. Für die Sonne iſt dieſes in der That der Fall, ihre tägliche Bewegung läßt ſich von ihrer jährlichen nicht ſcheiden, aber an den Fixſternen bemerken wir nur die tägliche Bewegung, weil ihr Abſtand von

der Erde ſo gewaltig groß iſt, daß der Durchmeſſer der Erdbahn eine verſchwindend kleine Größe gegen denſelben iſt *).

Beobachten wir einen Fixſtern, ſo bemerken wir, daß derſelbe in Folge der Axendrehung der Erde ſich in gleichen Zeiten um dieſelbe herumbewegt; die Zeit einer ſolchen Umdrehung nennen wir einen Sterntag. Derſelbe hat für alle Fixſterne gleiche Länge und wird in 24 Stunden u. ſ. w. getheilt. Dieſe Rechnung nach Sterntagen gibt die Sternzeit, und nach ihr rechnen namentlich die Aſtronomen. Gewöhnlich nimmt man den Frühlingspunkt als denjenigen an, deſſen Bewegung im Aequator (alle Bewegungen der Fixſterne geſchehen in Kreiſen, welche dem Aequator parallel ſind, d. h. in Ebenen ſenkrecht auf der Erdaxe) die Sternzeit beſtimmt. Die Dauer von einer Culmination des Frühlingspunktes, d. h. von einem Durchgange deſſelben durch den Meridian eines Beobachtungsortes, und zwar durch den oberen ſichtbaren durch den Zenith des Ortes gehenden Theil des Meridians, bis zur nächſten ſolchen Culmination iſt ein Sterntag. Während dieſer Zeit bewegt ſich der Frühlingspunkt durch alle 360 Grade des Aequators, d. h. er legt in jeder Stunde $\frac{360}{24}{}^{0} = 15$ Grade deſſelben zurück. Man ſagt, der Stundenwinkel ſei 1, 2, 3.... Uhr, wenn der Frühlingspunkt von ſeiner Culmination um 15, 30, 45.... Grade weſtlich entfernt iſt, zugleich hat der Beobachtungsort 1, 2, 3... Uhr Sternzeit.

Die Beobachtung der Fixſterne zur Zeitbeſtimmung iſt für das bürgerliche Leben darum nicht wohl brauchbar, weil die Fixſterne nur während der Nacht zu ſehen ſind, am Tage aber die Zeitbeſtimmungen am meiſten gebraucht werden. Daher hat man es im gemeinen Leben von jeher vorgezogen, die Sonne zu beobachten, um die Zeit nach ihr zu beſtimmen. Dazu kommt, daß ſich dieſe Beobachtung der Zeit mittels des Schattens, den die Sonne bewirkt, ſehr einfach vollführen läßt. (Siehe den Artikel Sonnenuhren.) Die Bewegung der Sonne iſt jedoch wie geſagt wurde nicht völlig gleichförmig, weil in ihr nicht bloß die Axendrehung, ſondern auch die Bahnbewegung der Erde erſcheint. Nichts deſto weniger rechnet man doch von einer Culmination der Sonne bis zur nächſten einen Tag (Sonnentag) und theilt denſelben in 24 Stunden u. ſ. w. Dieſe wahre Sonnenzeit hat daher Tage von ungleicher Länge und ſie iſt es, welche durch die Sonnenuhren angegeben wird. Da aber nach einer ſolchen Zeit ſich nicht rechnen läßt, ſo hat man eine mittlere Tageslänge angenommen, welche weder ſo kurz wie der kürzeſte wahre Sonnentag, noch ſo lang wie der längſte wahre Sonnentag iſt. Dieſe mittlere Sonnenzeit iſt es, nach welcher wir gewöhnlich rechnen. Man findet ſie, indem man annimmt, es gäbe eine Sonne (die mittlere Sonne), welche in der Ebene des Aequators in einem Kreiſe ſich gleichmäßig um die Erde herumbewegt, ſo daß ſie 1) täglich einmal ſammt dem Aequator um die Erde ginge und 2) im Aequator ſelbſt zugleich in derſelben

---

*) S. d. Art. Fixſterne und Parallaxe.

Richtung ſo fort ginge, daß ſie genau in derſelben Zeit einmal denſelben durchliefe, während die wirkliche Sonne einmal die Ekliptik zurücklegt. Die Bewegung dieſer Sonne im Aequator beträgt täglich 0°,9856472, ſo=viel Grade wird daher die mittlere Sonne mehr durchlaufen, als ein Fixſtern, d. h. es verhält ſich (da im Sterntage nur 360° zurückgelegt werden) Sterntag : mittlerer Sonnentag = 360 : 360 + 0,9856472. Da der Sonnentag 24 Stunden hat, ſo iſt die Länge des Sterntages x gegeben durch die Proportion

$$x : 24 = 360 : 360{,}9856472,$$

d. h. x = 23 St. 56′ 4″,09133 mittlere Sonnenzeit.

Schärfer beſtimmt wird das ganze Verhältniß durch folgende Betrach= Es gehe zu einer gewiſſen Zeit die Sonne mit einem Fixſtern zugleich durch den Meridian; ſo wird ſie bis zu dem nächſtfolgenden Mittag in der Ekliptik NMB (Fig. 449.) um den Bogen NM gegen Morgen fortgerückt ſein, welcher zwiſchen dem durch den Stern s gelegten Abweigungskreis PsNq und dem Meridian PMAp enthalten iſt, und der aſtronomiſche Tag wird größer ſein, als die tägliche Umlaufszeit eines Fixſterns oder als ein Sterntag, um die Zeit, welche der Bogen qA des Aequators DAB gebrauchte, ſich durch den Meridian durchzuſchieben. Man denke ſich eine zweite Sonne, welche die Ekliptik in derſelben Zeit mit gleichförmiger Geſchwindigkeit durchlaufe, in welcher die wahre Sonne einmal in der Ekliptik herumkommt, und mit letzerer zugleich durch den Punkt der Erdnähe, mithin auch durch den Punkt der Erdferne gehe; ſo wird man dadurch die von der ungleichförmigen Bewegung der Sonne abhängende Ungleichheit der Tage verſchwinden machen, aber es wird noch die von der ſchiefen Lage der Ekliptik gegen den Aequator abhängende Ungleichheit übrig bleiben. Denn nimmt man zwei gleiche Bogen NM, mB der Ekliptik, den erſten von einem Solſtititialpunkt, den letzteren von einem Aequinoctialpunkt an, und legt durch ihre Endpunkte die Abweichungskreiſe PNq, PMA, Pma, PB; ſo wird der Bogen Aq des Aequators, welcher dem in der Nähe des Solſtitiums liegenden Bogen NM der Ekliptik entſpricht, größer als NM, der dem Aequinoctialpunkt B aber anliegende Bogen Ba kleiner als Bm oder NM ſein, weil der Bogen NM nahe mit einem Wendekreis zuſammenfällt, deſſen Halbmeſſer in dem Verhältniß des Coſinus der Schiefe der Ekliptik zum Sinus totus kleiner iſt, als der Halbmeſſer des Aequators, und der Bogen mB die Hypotenuſe eines rechtwinklichen Dreiecks Bma iſt, welche wiederum in dem Verhältniß des Sinus totus zum Coſinus des Winkels Bma oder der Schiefe der Ekliptik größer iſt als der Bogen Ba. Um auch dieſe Ungleichheit verſchwinden zu machen, laſſe man die Bahn der ſich gleichförmig bewegenden erdichteten Sonne mit dem Aequator zuſammenfallen; ſo wird ihre gerade Aufſteigung gleichförmig wachſen, und die Zwiſchenzeiten zwiſchen zwei aufeinander folgenden Durchgängen dieſer erdichteten Sonne durch den Meridian werden gleich groß ſein. Man nennt die Zeit, welche dieſe erdichtete Sonne zeigen würde, die **mittlere Zeit**, und diejenige, welche die Sonne wirklich zeigt, die **wahre Zeit**, Der Unterſchied zwiſchen beiden heißt die **Zeitgleichung**, welche

hiernach gefunden wird, wenn man den Unterſchied zwiſchen der wahren geraden Aufſteigung der Sonne und der geraden Aufſteigung der erdichteten Sonne in Zeit verwandelt, indem man 15° auf eine Stunde rechnet. Die aſtronomiſchen Kalender geben unter der Aufſchrift mittlere Zeit im wahren Mittag an, was eine gleichförmig nach mittlerer Zeit gehende Uhr zeigen muß, wenn die Sonne durch den Meridian geht. Man bedient ſich in der Aſtronomie dieſer mittleren Zeit bei der Unterſuchung der Bewegung der Himmmelskörper, und ſie dient eben ſo gut wie die Sternzeit zur Prüfung des gleichförmigen Gangs der Uhren.

Zenith, (arab.) Scheitelpunkt eines Ortes der Erde, iſt derjenige Punkt des Himmels, welcher dem Beobachter an dieſem Orte genau über dem Scheitel ſteht, alſo der höchſte Punkt des ſcheinbaren Himmelsgewölbes, welcher vom Horizont nach allen Seiten um 90° entfernt iſt, von dem eine gerade Linie nach dem Scheitel des Beobachters gezogen, ſenkrecht auf der Horizontalebene ſteht, die verlängert durch den Mittelpunkt der Erde geht und noch weiter verlängert an der ſcheinbaren Himmelskugel denjenigen Punkt trifft, der am tiefſten unter dem Horizont liegt und der Fußpunkt oder (arab.) Nadir heißt. — Die Zenithdiſtanz, Abſtand des Scheitels, eines Sternes iſt der Abſtand deſſelben von dem Zenith, welcher in dem Höhenkreiſe des Sternes gemeſſen wird, und die Höhe des Sternes zu 90° ergänzt. Die Zenithdiſtanz eines Sternes im Zenith iſt = 0, die eines Sternes im Horizont = 90°. (Vergl. d. Art. Höhe eines Geſtirnes.)

Zerſtreuung des Lichtes, oder unregelmäßige Reflexion nennt man die Eigenthümlichkeit, daß, wenn auf einen Körper Licht fällt, dieſes nicht völlig durchgelaſſen (gebrochen) oder reflectirt, ſondern zum Theil auch nach allen Seiten zurückgeſtrahlt wird, ſo daß der Körper wie ein ſelbſtleuchtender erſcheint. Ein Körper zerſtreut um ſo mehr Licht und wirft deſto weniger Licht zurück, je nachdem ſeine Oberfläche iſt. Der wahrſcheinliche Grund der Zerſtreuung iſt der, daß jeder rauhe Körper eine Menge kleiner Theilchen auf ſeiner Oberfläche liegen hat, welche dem einfallenden Lichte eine Menge höchſt verſchiedener und mannigfach gegen einander geneigter Flächen entgegenſtellen, von welchen jede, wenn ſie auch noch ſo klein iſt, das Licht nach den Geſetzen der Zurückwerfung reflectirt. Die Menge dieſer kleinen Flächen macht die Erſcheinung ſo zuſammengeſetzt, daß es nicht möglich iſt, die Geſetze der Zurückwerfung zu verfolgen. Je ebener eine Fläche iſt, deſto mehre von den kleinen Ebenen der Theilchen auf der Oberfläche fallen zuſammen in dieſelbe Ebene und geben zuſammen die augenfällige Erſcheinung der Reflexion, gegen welche die Zerſtreuung als unbedeutend erſcheint. — Vgl. d. Art. Licht und Zurückwerfung.

Eine ſpeciellere Erſcheinung verſteht man unter Farbenzerſtreuung. Bekanntlich läßt ſich das weiße Sonnenlicht in Farben zerlegen (ſ. d. Art. Brechbarkeit und Farbe) und die verſchiedenen farbi-

gen Lichtſtrahlen, welche vereint das weiße Sonnenlicht geben, werden durch daſſelbe Mittel, durch welches ſie hindurch gehen, in verſchieden großen Winkeln von der Enfallsrichtung abgelenkt, oder beſitzen verſchiedene Brechungsexponenten (vergl. d. Art. Brechung, einfache und Farbe S. 341). Dieſe verſchiedene Brechbarkeit tritt nur dann ſichtbar hervor, wenn die Farbenſtrahlen beim Wiederaustritt aus dem brechenden Körper nicht wieder zu weißem Lichte ſich vereinigen, und dieſe ihre Erſcheinung iſt es, welche man die Farbenzerſtreuung nennt. Sie tritt namentlich auf, wenn man das Licht durch ein Prisma gehen läßt (ſ. d. Art. Brechbarkeit). Man ſtellt die Beobachtungen über Farbenzerſtreuung gewöhnlich in einem dunklen Zimmer an, in welches nur durch eine kleine willkührlich zu beſtimmende Oeffnung das Licht eintreten kann. Baumgartner gibt die Vorſichtsmaßregeln, die bei dieſen Verſuchen zu beobachten ſind, näher an. Die Oeffnung, durch welche man das Licht in den Raum leitet, worin man den Verſuch anſtellen will, ſoll, um eine hinreichende Lichtſtärke zu geſtatten, nicht gar klein ſein; um aber homogenes Licht durch ein Prisma zu erhalten, ſoll der Durchmeſſer, der in einer auf der Axe des Prisma ſenkrechten Ebene liegt, verſchwindend klein ſein; denn jede angebbare Dimenſion der Oeffnung nach dieſer Richtung verurſacht eine Vermiſchung der homogenen Farben im Spectrum. Iſt z. B. A (Fig. 441) das Prisma, SS der auf der Axe deſſelben ſenkrechte Querſchnitt der Oeffnung und ſind Sa, Sb die äußerſten auf A fallenden Strahlen, ſo gibt jeder dieſer Strahlen ein Farbenbild. Das von Sa fällt auf der Tafel, worauf man es auffängt, in den Raum $\alpha\beta$, das von Sb in den Raum $\gamma\delta$ und das der zwiſchen Sa und Sb liegenden Strahlen iſt zwiſchen α und δ enthalten, es fällt jeder Theil eines ſolchen Spectrums in den Raum eines andern und dadurch wird die Homogeneität des Lichtes aufgehoben. — Ein anderer der Erzielung eines homogenen Farbenbildes hinderlicher Umſtand iſt die Ausdehnung des leuchtenden Körpers, deſſen Licht unterſucht werden ſoll. Gewöhnlich braucht man Sonnenlicht und die Sonne erſcheint nahe unter einem Durchmeſſer von 30′. Läßt man demnach auch nur durch eine Oeffnung, die einem Punkte gleicht, zum Behufe eines Verſuches mit einem Prisma, in ein verfinſtertes Zimmer directes Sonnenlicht bringen, ſo fahren die Strahlen, nachdem ſie die Oeffnung verlaſſen haben, auseinander und es kommen nicht blos mehre derſelben zugleich auf das Prisma, ſondern ſie haben auch eine verſchiedene Neigung gegen die Vorderfläche deſſelben, welches begreiflicher Weiſe die Homogeneität der einzelnen Farben des Hauptſpectrums ſehr beeinträchtigen muß. — Endlich ſind ſelten die Seitenflächen der Prismen vollkommen plan, deren Maſſe vollkommen homogen und an jeder Stelle mit gleichem Brechungsvermögen begabt, ſo daß bei vielen Prismen unter übrigens günſtigen Umſtänden doch keine homogenen Farben erzielt werden können. — Aus dem Vorhergehenden kann man leicht die Maßregeln entnehmen, welche bei Verſuchen über Farbenzerſtreuung unerläßlich ſind. Vor allem wird nothwendig ſein, die Fenſteröffnung möglichſt klein zu machen und zwar in der auf der Axe des Prisma ſenk-

rechten Richtung. Wählt man ein ſehr kleines rundes Lichtloch, ſo wird das Spectrum auch nur eine dem Durchmeſſer deſſelben gleiche Breite haben und deshalb keine genaue Unterſuchung der einzelnen Farben geſtatten. Eine hohe und ſchmale Oeffnung und eine verticale Stellung des Prisma iſt am zweckmäßigſten. — Um dem widrigen Einfluſſe der Größe des Sonnendurchmeſſers auszuweichen, kann man das Licht, bevor es auf das Prisma gelangt, mit einer Convexlinſe concentriren, in deren Brennpunkte ein vielmal verkleinertes Sonnenbild erſcheinen wird, und überdieß noch, wenn es einem nicht um bedeutende Lichtſtärke zu thun iſt, das Licht nach der Concentration abermals durch einen Schirm mit einer kleinen Oeffnung gehen laſſen, wie Fig. 442 zeigt; endlich läßt man das Licht in der Nähe der Kante des brechenden Winkels ins Prisma eindringen, um den in denſelben zurückzulegenden Weg möglichſt zu verkürzen und den Einfluß einer etwaigen Heterogeneität der Materie zu ſchwächen. Allein durch alle dieſe Mittel erhält man zwar ein Spectrum, deſſen Farben weniger heterogen ſind, als die eines ſolchen, das man ohne Beachtung dieſer Vorſichten erhält; vollkommen homogen werden die Farben aber nur durch das zuerſt von Fraunhofer angegebne Verfahren. — Das Weſentliche deſſelben beſteht darin, daß man das Licht, nachdem es im Prisma die Brechung und Zerſtreuung erlitten hat, durch eine achromatiſche Sammellinſe leitet, damit alle von einem Punkte ausgehenden homogenen Strahlen wieder in einen Punkt geſammelt werden, und das durch ſie gemachte Bild entweder mit einer Tafel auffängt oder zur Erlangung einer größern Lichtſtärke mit einer Sammellinſe anſieht. Das letzte Verfahren gewährt zugleich den Vortheil, daß man das ganze Phänomen vergrößert ſieht. Es iſt leicht einzuſehen, daß man ſich dazu gleich eines achromatiſchen aſtronomiſchen Fernrohrs bedienen kann, und daß ſich in dieſem Falle die Erſcheinung viel reiner ausnehmen muß, weil das Ocular mit ſeinem Objective ſchon zweckmäßig verbunden, und eines gegen das andere gehörig abgeglichen iſt, um ein reines deutliches Bild zu gewähren. — Dieſem gemäß iſt nun folgender zu genanntem Zwecke vorzüglich brauchbarer Apparat eingerichtet: AB (Fig. 445.) iſt ein vorzüglich gutes achromatiſches Fernrohr, an deſſen durchbrochenem Objectivdeckel ein vollkommen wellenfreies Flintglasprisma mit genau ebenen Wänden und einem Winkel von etwa 60° ſo angebracht wird, daß der Strahl, welcher ſich nach der Brechung in der Axe dieſes Rohres befindet, unter demſelben Winkel auffallen muß, unter welchem er austritt. Zur leichtern Stellung dieſes Inſtruments befindet ſich vor dem Rohr ein Diopter C, das ſich unter einem Winkel gegen die Axe des Rohrs ſtellen läßt, welcher demjenigen gleich iſt, unter dem die Strahlen das Rohr treffen müſſen, wenn ſie nach der Brechung ins Fernrohr gelangen und in deſſen Geſichtsfelde erſcheinen ſollen. — Beim Gebrauche dieſes Inſtruments bringt man am Fenſterladen eine verticale, höchſtens 20 Secunden breite Spalte an und leitet durch ſie, am beſten mittels eines Helioſtats, einen horizontalen Lichtſtreifen auf das am Objective des genannten Fernrohrs befeſtigte Prisma, deſſen Axe genau vertical geſtellt iſt, ſo daß die Brechung in horizontaler Richtung er-

folgt, nachdem man, bevor das Prisma angeſetzt wurde, das Ocular ſo gerichtet hat, daß man die Oeffnung am Fenſter deutlich durch daſſelbe ſieht. Da erblickt man im Geſichtsfelde des Inſtruments ein horizontal liegendes Farbenbild mit unzähligen verticalen Linien, die viel dunkler ſind, als ihr Grund, deren einige völlig ſchwarz erſcheinen, wie ſie in der Fig. 40. abgebildet ſind. Einige ſind dicker als die anderen und löſen ſich bei einer ſtärkeren Vergrößerung in zwei oder mehre auf; ſie erſcheinen nicht an den Grenzen der einzelnen Farben, aber doch immer an derſelben Stelle, das Prisma mag aus was immer für einem Material beſtehen, deſſen brechender Winkel und die Oeffnung am Fenſter wie immer verändert werden; nur wenn man ſtatt des Sonnenlichtes das Licht eines andern leuchtenden Körpers anwendet, verändern ſie ihren Platz oder verſchwinden ganz und es kommen andere, nicht minder dunkle an ihre Stelle. In der abgebildeten Figur iſt ungefähr bei A das rothe, bei I das violette Ende des Farbenbildes. In A iſt eine ſehr ſcharf begrenzte Linie, bei a ſind mehre Linien, die gleichſam einen Streifen bilden, B und C erſcheint ſcharf begrenzt, ſchwarz und dick, zwiſchen B und C zählte Fraunhofer 9 ſehr feine ſcharf begrenzte Linien. D beſteht aus zwei ſtarken Linien, die eine helle Linie trennt, zwiſchen C und D liegen ungefähr 30 feine Linien. E beſteht aus mehren Linien, wovon die mittlere ſtärker iſt als die übrigen, innerhalb D und E laſſen ſich etwa 84 Linien von verſchiedener Stärke wahrnehmen. F iſt eine ſtarke Linie; der Raum zwiſchen E und F iſt mit mehrern Linien beſetzt, zwiſchen E und b ſind ungefähr 24 Linien, bei b drei ſehr ſtarke Linien, worunter 2 durch eine helle ſchmale Linie getrennt ſind, zwiſchen b und F zählte Fraunhofer 52 Linien. Bei G befinden ſich viele Linien, einige darunter ſind ſehr ſtark, zwiſchen F und G liegen etwa 185 Linien von verſchiedener Stärke. Bei H befinden ſich 2 Streifen, die aus vielen Linien beſtehen, und in der Mitte eine ſehr ſchwarze ſtarke Linie haben. Zwiſchen G und H ſind 190 Linien wahrnehmbar. Auch zwiſchen H und I trifft man viele Linien an, ſo daß man zwiſchen B und H ungefähr 574 Linien zählen kann. — Wenn man die Oeffnung am Fenſter vergrößert, werden dieſe Linien matter und wenn dieſe 40″ breit ſind, verſchwinden ſie ganz. Die Urſache dieſer Erſcheinung iſt leicht einzuſehen. Die dunklen Linien würden offenbar am beſten wahrnehmbar erſcheinen, wenn dieſe Oeffnung nur eine Lichtlinie wäre; bei dem gewöhnlichen Verfahren, wo dieſe Oeffnung eine angebbare, wenn auch nicht bedeutende Breite hat, beſteht ſie gleichſam aus einem Syſtem paralleler Lichtlinien, deren jede ihr eigenes Farbenbild mit den darin befindlichen dunklen Linien gibt. Iſt demnach die Oeffnung ſo breit, als der breiteſte dieſer Streifen, ſo fällt in den Raum, welchen der Streifen einer Lichtlinie einnimmt, das Licht von dem andern und macht erſtern unkenntlich; noch mehr muß dieſes mit den minder breiten Streifen der Fall ſein. Darum darf man die Oeffnung am Fenſter nicht breiter machen, als zur Erlangung einer hinreichenden Lichtſtärke in dem beabſichtigten Bilde nöthig iſt; aus dieſem Grunde reicht man auch bei den hellern Theilen des Farbenbildes, z. B. beim

Gelben mit einer ungemein ſchmalen Oeffnung ſattſam aus. — Da im Fernrohre das Bild der brechbarern Strahlen eine andere Entfernung vom Ocular haben muß, als das der minder brechbaren, ſo wird man auch bei derſelben Stellung des Oculars nicht alle Streifen gleich gut ſehen können. Iſt das Ocular ſo geſtellt, daß man die Linien im rothen Theile des Farbenbildes deutlich ſieht, ſo muß man es etwas hineinſchieben, um die Linien im gelben und noch mehr, um die im blauen deutlich zu ſehen. — Iſt das Prisma nicht unveränderlich gegen das Objectivglas geſtellt, und man ſieht die dunklen Linien im Fernrohre deutlich, wenn der Strahl das Prisma unter demſelben Winkel verläßt, unter welchem er eintritt; ſo braucht man das Prisma nur etwas um ſeine Axe zu drehen und die Gleichheit dieſer Winkel zu ſtören, und es werden dieſe Linien verſchwinden, aber wieder erſcheinen, wenn die Stellung des Oculars geändert wird, und zwar muß dieſes eingeſchoben werden, wenn der Einfallswinkel vergrößert, hingegen herausgezogen, wenn er verkleinert worden war. Die Urſache dieſer Erſcheinung iſt nicht ſchwer einzuſehen. Wenn der Einfallswinkel dem Austrittswinkel gleich iſt, ſo verlaſſen die Strahlen das Prisma mit derſelben Divergenz, mit der es ſie aufnahm, und das Bild im Fernrohr erſcheint an derſelben Stelle, wie ohne Prisma, daher es auch deutlich geſehen wird, wenn man vorläufig das Ocular ſo geſtellt hat, daß man die Oeffnung am Fenſter, von welcher eigentlich die Lichtſtrahlen ausgehen, deutlich ſieht. So wie man aber den Einfallswinkel größer macht, ſo divergiren die gebrochenen Strahlen weniger als die auffallenden, ſcheinen daher von einem weiter entlegenen Punkte herzukommen, und das vom Objective entworfene Bild iſt weiter vom Ocular entfernt. Das Gegentheil muß erfolgen, wenn der Einfallswinkel kleiner gemacht wird. — Wenn man den hier beſchriebenen Verſuch ſtatt mit Sonnenlicht mit dem Lichte eines Sternes anſtellen will, der nur als Punkt erſcheint; ſo braucht man nebſt dem vorhin beſchriebenen Apparate noch ein Glas, das auf einer Seite vollkommen eben iſt, auf der andern aber eine cylindriſche Convexität hat, und an das Objectiv des Fernrohrs angebracht wird. Das Farbenbild eines Sternes hat nämlich keine wahrnehmbare Breite, ſondern erſcheint nur als Linie, die an verſchiedenen Stellen verſchiedenfarbig iſt, es laſſen ſich darum auch keine Querlinien darin erkennen. Wird aber obiges Glas ſo geſtellt, daß die Axe des Cylinders mit der Baſis des Prisma parallel läuft, ſo wird die Breite des Farbenbildes vergrößert, während deſſen Länge unverändert bleibt, und darum kann man die Querlinien ſehen.*) — Das Farbenbild, welches auf die vorher beſchriebene Weiſe erzeugt wird, hat nebſt der ſchon genannten Eigenthümlichkeit das Beſondere, daß daran der Unterſchied der Intenſität der verſchiedenfarbigen Theile mehr hervorſticht, als in dem auf die gewöhnliche Weiſe erzeugten Spectrum. Wenn man z. B. das Licht des grünen oder blauen Theiles recht wohl vertragen kann, ſo blendet das Rothe und noch mehr

*) Vergl. d. Art. Farbe S. 346 ff.

das Gelbe ſo ſtark, daß man es kaum auszuhalten vermag, und man faſt immer genöthigt iſt, die Oeffnung am Fenſterladen ſchmäler zu machen. Darum iſt dieſes homogene Farbenbild vorzugsweiſe geeignet zur Beſtimmung der relativen Intenſität des verſchiedenfarbigen Lichtes. Auch dieſe Beſtimmung verdanken wir Fraunhofer. Er bediente ſich dazu folgender Vorrichtung: In einem Fernrohre A (Fig. 444.) wird an der Stelle, wohin das vom Objective gemachte Bild fällt, ein kleiner unter 45° gegen die Axe des Rohres geneigter metallener Planſpiegel angebracht, deſſer verticaler Rand ſcharf begrenzt iſt, und das Geſichtsfeld durchſchneidet. Dieſen Rand ſieht man durch das Ocular ſehr ſcharf. Seitwärts am Ocularrohre iſt ein durchſchnittenes Rohr ſo angebracht, daß es auf dem Rand des Spiegels und der Axe des Fernrohrs ſenkrecht ſteht, und im Einſchnitte ein anderes engeres Rohr B aufnimmt, welches ſich in dieſem Ausſchnitte in verticaler Richtung verſchieben läßt. In dem Theile des engen Rohres, welcher der Axe des weiteren entſpricht, befindet ſich eine kleine Flamme, die von einem communicirenden Oelgefäß genährt wird, und durch eine kleine runde Oeffnung Licht auf den Spiegel ſendet. Daher ſieht man in der einen Hälfte des Geſichtsfeldes des Fernrohres den von der Flamme beleuchteten Spiegel und in der andern Hälfte deſſelben eine der Farben des prismatiſchen Farbenbildes. Die Beleuchtung des Spiegels kann man durch Annäherung der Flamme verſtärken und durch Entfernung derſelben ſchwächen, und daher ſie ſo modificiren, daß der ſcharfe Rand des Spiegels bei derſelben Stellung des Oculars am wenigſten deutlich erſcheint. In dieſem Falle kann man füglich annehmen, daß der Spiegel eben ſo ſtark beleuchtet iſt, wie der daneben erſcheinende Theil des Farbenbildes. Nimmt man nun an, die Intenſität der Beleuchtung des Spiegels ſtehe im verkehrten Verhältniſſe mit dem Quadrate der Entfernung der Lampe von demſelben, ſo kann man wohl die relativen Lichtſtärken der einzelnen Theile des Farbenbildes durch Zahlen ausdrücken. Fraunhofer machte bei dieſen Verſuchen die Oeffnung am Fenſter ſo groß, daß die dunklen Streifen im Farbenbilde nicht geſehen wurden, ließ das Sonnenlicht vor dem Fenſterladen von einer rauhen Glasplatte reflectiren, und brachte auch zwiſchen der Flamme und dem Planſpiegel eine ſolche matte Platte an, durch welche erſt der Spiegel beleuchtet wurde, und maß dann immer die Entfernung der Flamme von dieſem Glaſe. Auf dieſem Wege erhielt er folgende Zahlenwerthe für die Intenſität der farbigen Theile des Spectrums, die ein Mittel aus vier Verſuchen ſind;

Intenſität	bei B	= 0,032
	C	= 0,094
	D	= 0,64
	zwiſchen D und E	= 1,00
	bei E	= 0,48
	F	= 0,17
	G	= 0,031
	H	= 0,0056.

Durch die Curve MNO (Fig. 40.) werden dieſe Intenſitäten graphiſch dargeſtellt, die Intenſitäten des Lichtes ſtellen die Ordinaten, und die gemeſſenen Bögen am Farbenbilde von der Gattung Flintglas, deſſen ſich bei dieſen Verſuchen Fraunhofer bediente, die Abſciſſen vor. Demnach kann man die Lichtmenge, welche innerhalb des Raumes BC, CD u. ſ. w. vertheilt iſt, durch den Flächenraum MNO ausdrücken. Nimmt man die Lichtmenge in dem Raume DE als Einheit an, ſo hat man

die Lichtmenge im Raume BC = 0,021
„ „ CD = 0,299
„ „ DE = 1,000
„ „ EF = 0,328
„ „ FG = 0,185
„ „ GH = 0,035.

Die mittlere Lichtſtärke iſt 0,3113 und dieſe wird demnach zwiſchen EF und FG, aber nahe an EF fallen.

Fraunhofer fand nun, indem er die Brechungsexponenten der Linien B, C, D, E, F, G, H, die wir mit n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6, n_7, bezeichnen wollen, für verſchiedene brechende Subſtanzen beſtimmte, nachſtehende Reſultate:

Brechende Körper.	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6	n_7
Flintglas No. 13	1,627749	1,629681	1,635036	1,642024	1,648260	1,660285	1,671062
Kronglas	525832	526849	529587	533005	536052	541657	546566
Waſſer	330935	331712	333577	335851	337818	341293	344177
Waſſer	330977	331709	333577	335849	337788	341261	344162
Potaſche	399629	400515	402805	405632	408082	412579	416368
Terpentinöl	470496	471530	474434	478353	481736	488198	493874
Flintglas No. 3	602042	603800	608494	614532	620042	630772	640373
Flintglas No. 30	623570	625477	630585	637356	643466	655406	666072
Kronglas No. 13	524312	525299	527982	531372	534337	539908	544684
Kronglas Litt. M	554774	555933	559075	563150	566741	573535	579470
Flintglas No. 23 und Prisma v. 60°	626596	628469	633667	640495	646756	658848	669686
Flintglas No. 23 und Prisma v. 45°	626564	628451	633666	640544	646780	658849	669680

Wenn man die Sonnenbilder, welche Priſmen von verſchiedenen Subſtanzen bilden, aufmerkſam betrachtet, ſo erkennt man bald, daß die verſchiedenen Farben, obgleich ſie ſtets in derſelben Ordnung auf einander folgen, dennoch nicht proportionale Längen einnehmen. So

das Gelbe ſo ſtark, daß man es kaum auszuhalten vermag, und man faſt immer genöthigt iſt, die Oeffnung am Fenſterladen ſchmäler zu machen. Darum iſt dieſes homogene Farbenbild vorzugsweiſe geeignet zur Beſtimmung der relativen Intenſität des verſchiedenfarbigen Lichts. Auch dieſe Beſtimmung verdanken wir Fraunhofer. Er bediente ſich dazu folgender Vorrichtung: In einem Fernrohre A (Fig. 444.) wird an der Stelle, wohin das vom Objective gemachte Bild fällt, ein kleiner unter 45° gegen die Axe des Rohres geneigter metallener Planſpiegel angebracht, deſſen verticaler Rand ſcharf begrenzt iſt, und das Geſichtsfeld durchſchneidet. Dieſen Rand ſieht man durch das Ocular ſehr ſcharf. Seitwärts am Ocularrohre iſt ein durchſchnittenes Rohr ſo angebracht, daß es auf dem Rand des Spiegels und der Axe des Fernrohrs ſenkrecht ſteht, und im Einſchnitte ein anderes engeres Rohr B aufnimmt, welches ſich in dieſem Ausſchnitte in verticaler Richtung verſchieben läßt. In dem Theile des engen Rohres, welcher der Axe des weiteren entſpricht, befindet ſich eine kleine Flamme, die von einem communicirenden Oelgefäß genährt wird, und durch eine kleine runde Oeffnung Licht auf den Spiegel ſendet. Daher ſieht man in der einen Hälfte des Geſichtsfeldes des Fernrohres den von der Flamme beleuchteten Spiegel und in der andern Hälfte deſſelben eine der Farben des prismatiſchen Farbenbildes. Die Beleuchtung des Spiegels kann man durch Annäherung der Flamme verſtärken und durch Entfernung derſelben ſchwächen, und daher ſie ſo modificiren, daß der ſcharfe Rand des Spiegels bei derſelben Stellung des Oculars am wenigſten deutlich erſcheint. In dieſem Falle kann man füglich annehmen, daß der Spiegel eben ſo ſtark beleuchtet iſt, wie der daneben erſcheinende Theil des Farbenbildes. Nimmt man nun an, die Intenſität der Beleuchtung des Spiegels ſtehe im verkehrten Verhältniſſe mit dem Quadrate der Entfernung der Lampe von demſelben, ſo kann man wohl die relativen Lichtſtärken der einzelnen Theile des Farbenbildes durch Zahlen ausdrücken. Fraunhofer machte bei dieſen Verſuchen die Oeffnung am Fenſter ſo groß, daß die dunklen Streifen im Farbenbilde nicht geſehen wurden, ließ das Sonnenlicht vor dem Fenſterladen von einer rauhen Glasplatte reflectiren, und brachte auch zwiſchen der Flamme und dem Planſpiegel eine ſolche matte Platte an, durch welche erſt der Spiegel beleuchtet wurde, und maß dann immer die Entfernung der Flamme von dieſem Glaſe. Auf dieſem Wege erhielt er folgende Zahlenwerthe für die Intenſität der farbigen Theile des Spectrums, die ein Mittel aus vier Verſuchen ſind;

Intenſität	bei B	= 0,032
	C	= 0,094
	D	= 0,64
	zwiſchen D und E	= 1,00
	bei E	= 0,48
	F	= 0,17
	G	= 0,031
	H	= 0,0056.

Durch die Curve MNO (Fig. 40.) werden dieſe Intenſitäten graphiſch dargeſtellt, die Intenſitäten des Lichtes ſtellen die Ordinaten, und die gemeſſenen Bögen am Farbenbilde von der Gattung Flintglas, deſſen ſich bei dieſen Verſuchen Fraunhofer bediente, die Abſciſſen vor. Demnach kann man die Lichtmenge, welche innerhalb des Raumes BC, CD u. ſ. w. vertheilt iſt, durch den Flächenraum MNO ausdrücken. Nimmt man die Lichtmenge in dem Raume DE als Einheit an, ſo hat man

die Lichtmenge im Raume	BC	= 0,021
⸗ ⸗	CD	= 0,299
⸗ ⸗	DE	= 1,000
⸗ ⸗	EF	= 0,328
⸗ ⸗	FG	= 0,185
⸗ ⸗	GH	= 0,035.

Die mittlere Lichtſtärke iſt 0,3113 und dieſe wird demnach zwiſchen EF und FG, aber nahe an EF fallen.

Fraunhofer fand nun, indem er die Brechungsexponenten der Linien B, C, D, E, F, G, H, die wir mit n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6, n_7, bezeichnen wollen, für verſchiedene brechende Subſtanzen beſtimmte, nachſtehende Reſultate:

Brechende Körper.	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6	n_7
Flintglas No. 13..........	1,627749	1,629681	1,635036	1,642024	1,648260	1,660285	1,671062
Kronglas.....	525832	526849	529587	533005	536052	541657	546566
Waſſer........	330935	331712	333577	335851	337818	341293	344177
Waſſer........	330977	331709	333577	335849	337788	341261	344162
Potaſche......	399629	400515	402805	405632	408082	412579	416368
Terpentinöl...	470496	471530	474434	478353	481736	488198	493874
Flintglas No. 3...........	602042	603800	608494	614532	620042	630772	640373
Flintglas No. 30..........	623570	625477	630585	637356	643466	655406	666072
Kronglas No. 13	524312	525299	527982	531372	534337	539908	544684
Kronglas Litt. M.........	554774	555933	559075	563150	566741	573535	579470
Flintglas No. 23 und Prisma v. 60°	626596	628469	633667	640495	646756	658848	669686
Flintglas No. 23 und Prisma v. 45°	626564	628451	633666	640544	646780	658849	669680

Wenn man die Sonnenbilder, welche Priſmen von verſchiedenen Subſtanzen bilden, aufmerkſam betrachtet, ſo erkennt man bald, daß die verſchiedenen Farben, obgleich ſie ſtets in derſelben Ordnung auf einander folgen, dennoch nicht proportionale Längen einnehmen. So

z. B. gibt ein Flintglasprisma verhältnißmäßig weniger Roth und mehr Violett als ein Kronglasprisma, und es gibt andere Subſtanzen, welche noch bei weitem bedeutendere Differenzen darbieten. Im Allgemeinen iſt dieſelbe Farbe bald mehr oder weniger zuſammengezogen, bald mehr oder weniger entwickelt. Dieſe Erſcheinung ſteht offenbar in Zuſammenhang mit den Größen der Brechungsexponenten, welche jeder Farbe entſprechen. Nimmt man den Unterſchied dieſer Brechungsexponenten für Violett und Roth, ſo erhält man die (relative) Zerſtreuung des Lichtes. Eine Subſtanz zerſtreut das Licht deſto mehr, je größer für ſie dieſe Differenz iſt. Auf dieſe Weiſe findet man, daß nach der eben angeführten Tabelle die Zerſtreuung des Lichtes genommen, zwiſchen der erſten und ſiebenten Linie durch folgende Zahlen ausedrückt wird:

Flintglas No. 13 . .	0,043313	Flintglas No. 3	0,038331
Kronglas No. 9 . .	0,020734	Flintglas No. 30	0,042502
Waſſer	0,013242	Kronglas No. 13	0,020372
Waſſer	0,013185	Kronglas Litt. M	0,024696
Pottaſche	0,016739	Flintgl. No. 23 Prisma 60° . .	0,043090
Terpentinöl	0,023378	Flintgl. No. 23 Prisma 45° . .	0,043116

Das Waſſer iſt alſo unter dieſen Subſtanzen dasjenige, welches die geringſte Zerſtreuung beſitzt, während Flintglas die größte hat. Man kann dieſes leicht zeigen, wenn man ein Flintglasprisma und ein Waſſerprisma (ein gläſernes Prisma aus Spiegelglas mit Waſſer gefüllt) nimmt, deren Winkel z. B. ſo ſind, daß die rothen Strahlen ungefähr dieſelbe Ablenkung erfahren, denn in dieſem Falle wird man ſehen, daß in demſelben Abſtande das erſte Farbenbild viel weniger Länge als das zweite haben wird, oder was daſſelbe, daß es vom Prisma aus geſehen, unter bei weitem kleinerem Winkel erſcheinen wird.

Man muß nicht bloß die totale Zerſtreuung jeder Subſtanz kennen, ſondern auch die Zerſtreuung, welche ſie in Bezug auf die einzelnen Strahlen ausübt. So werden für die Strahlen zwiſchen dem erſten und zweiten Striche die Zerſtreuungen des Flintglaſes No. 13, des Kronglaſes No. 9 und des Waſſers ausgedrückt durch die Zahlen 0,001932; 0,001017; 0,000777; denn dieſe Zerſtreuungen ſind die Differenzen der Brechungsexponenten, welche den Grenzen des Intervalles d. h. dem erſten und dem zweiten Striche entſprechen. Wenn man die theilweiſe oder totale Zerſtreuung einer Subſtanz dividirt durch die entſprechende Zerſtreuung einer andern Subſtanz, ſo erhält man das Zerſtreuungsverhältniß. Auf dieſe Weiſe iſt nachſtehende Tabelle aus der oben angegebenen abgeleitet. Die Ueberſchriften über den einzelnen Columnen zeigen die Formeln an (mit der oben angegebenen Bedeutung von n_1, n_2 u. ſ. w.), nach welchen die darunterſtehenden Zahlen berechnet ſind, und zwar bezeichnen die accentuirten Buchſtaben n'_1, n'_2 u. ſ. w. die Brechungsexponenten der minder zerſtreuenden Subſtanzen.

Brechende Körper.	$\frac{n_2 - n_1}{n'_2 - n'_1}$	$\frac{n - n_2}{n'_3 - n'_2}$	$\frac{n_4 - n_3}{n'_4 - n'_3}$	$\frac{n_5 - n_4}{n'_5 - n'_4}$	$\frac{n_6 - n_5}{n'_6 - n'_5}$	$\frac{n_7 - n_6}{n'_7 - n'_6}$
Flintglas No. 13 u. Waſſer	2,562	2,871	3,073	3,193	3,460	3,726
Flintglas No. 13 und Kronglas No. 9..........	1,900	1,956	2,044	2,047	2,145	2,195
Kronglas No. 9 u. Waſſer	349	468	1,503	1,560	1,613	1,697
Terpentinöl und Waſſer...	371	557	723	732	860	963
Flintglas No. 13 und Terpentinöl...............	868	844	783	843	861	899
Flintglas No. 13 u. Kali	2,181	2,388	2,472	2,545	2,674	2,844
Kali und Waſſer..........	1,175	1,228	1,243	1,254	1,294	1,319
Terpentinöl und Kali.....	167	268	386	381	437	498
Flintglas No. 3 und Kronglas No. 9..........	729	714	767	808	914	956
Kronglas No. 13 u. Waſſer	309	436	492	518	604	651
Kronglas Litt. M u. Waſſer	537	682	794	839	956	2,052
Kronglas Litt. M und Kronglas No. 13.........	174	171	202	211	220	1,243
Flintglas No. 13 und Kronglas Litt. M.........	667	704	715	737	770	816
Flintglas No. 3 und Kronglas Litt. M.........	517	494	482	534	579	618
Flintglas No. 30 und Kronglas No. 13.........	932	904	997	2,061	2,143	2,233
Flintglas No. 23 und Kronglas No. 13.........	904	940	2,022	107	168	268

Man ſieht aus dieſer Tafel, daß die theilweiſen Zerſtreuungs-Verhältniſſe der verſchiedenen Subſtanzen im Allgemeinen ſehr verſchieden ſind, und daß ſie im Allgemeinen von den Intervallen der erſten Striche bis zu den Intervallen der letzten wachſen.

Das Zerſtreuungsvermögen einer Subſtanz iſt der Quotient, welchen man erhält, wenn man ſeine Zerſtreuung durch den mittleren Brechungsexponenten weniger 1 dividirt. Der mittlere Brechungsexponent iſt derjenige, welcher dem mittleren Strahle des Farbenbildes entſpricht. In nachſtehender Tabelle ſind, größtentheils nach Beobachtungen von Brewſter, die Zerſtreuungen, d. h. der mit dn bezeichnete Unterſchied der Brechungsexponenten der äußerſten Strahlen angegeben, ſo wie die Zerſtreuungsvermögen $\frac{dn}{n-1}$ einer Reihe von Körpern.

Zerſtreuungsverhältniſſe.

dn bedeutet den Unterſchied der Brechungsexponenten der äußerſten Strahlen; $\frac{dn}{n-1}$ den Quotienten aus dieſem und dem Brechungsexponenten für die mittleren Strahlen.

Name der Körper.	$\frac{dn}{n-1}$	dn
Aepfelſäure	0282	011
Aether	037	012
Alaun	036	017
Alkohol	029	011
Aloe	085	058
Ambra	032	012
Angelicaöl	051	025
Aniesöl	074	044
Apophyllit	031	017
Auge vom Kabeljau: Waſſerfeuchtigkeit	035	012
= = = Glasfeuchtigkeit	035	012
Axinit	030	022
Balſam: Canada	045	024
= Copavia	041	021
= Peruvianiſcher	093	058
= Styrax	069	039
= Tolu	103	065
Baryt, ſchwefelſaurer	029	019
= kohlenſaurer	0285	015
Bergamotöl	049	023
Bernſtein	041	023
Beryll	037	022
Bergkryſtall, ord.	00315	017
= extr.	00321	01727
Bibergeil	036	01882
Bittermandelöl	079	048
Blauſäure	0227	080
Blei, chromſaures max.	400	770
= = min.	262	388
= eſſigſaures	069	040
= kohlenſaures max.	091	091
= = min.	066	056
= ſchwefelſaures	066	056
Borax, geſchmolzen	030	014
Boraxglas	026	014
Cajeputöl	044	021
Caſſiaöl	139	089
Cautſchouc	052	028
Chamillenöl	046	021
Chryſoberyll	025	019
Chryſolith	033	022

Name der Körper.	$\frac{dn}{n-1}$	dn
Citronenſäure	0,035	0,019
Copal	024	043
Cryolith	022	007
Diamant	038	056
Dillſamenöl	049	023
Eiſen, ſchwefelſaures	039	019
Eiweis vom Ei	037	013
Elemiharz	039	021
Epidot	035	024
Feldkümmelöl	049	024
Feldſpath	042	022
Fenchelöl	055	028
Fenugreköl	050	024
Flohkrautöl	049	024
Flußſpath	022	010
Frauenmünzöl	054	026
Gewürznelkenöl	062	033
Glas, gemeines	036	
= zu Bouteillen	040	023
= braunes	044	025
= dunkelrothes	060	044
= purpurrothes	051	031
= oranges	053	042
= grünes	061	037
= (Flint=) borſaures Bleioxyd	0740	
= kieſelh. alborſaures Bleioxyd	0703	
= =	0527	032
= =	052	029
= =	048	028
= =	048	
= verſchiedene Sorten	0457 0525	
= (Crown=) grün	036	020
= verſchiedene Sorten	033 0346	
Guajak	066	041
Gummi=Ammoniak	063	037
= arabiſches	036	018
Harz, gemeines	057	032
Horn	045	025
Kalkſpath, ord.	03022	0455
= extr.	01389	0282
Kümmelöl	065	033
Kupfer, ſchwefelſaures	036	019
Lavendelöl	045	021
Leim	041	022

Name der Körper.	$\frac{dn}{n-1}$	dn
Leucit	0,035	0,018
Limoniöl	048	023
Majoranöl	045	022
Maſtix	038	022
Mohnöl	044	020
Myrrhengummi	037	020
Nußöl	043	022
Obſidian	037	018
Olibanumgummi	045	024
Olivenöl	038	018
Pappelöl	044	020
Pech, Burgunder	043	024
Pfeffermünzöl	040	019
Phosphor	128	156
Phosphorglas	03157	017
Phosphorſäure, feſte	032	017
" flüſſige	0283	012
Pimentöl	052	026
Pyrop	033	026
Rapsöl	040	019
Rautenöl	037	016
Realgar, geſchmolzen	267	394
Rhodiumholzöl	044	022
Rosmarinöl	042	020
Sadabaumöl	044	021
Salpeter Min	0304	009
Salpetrige Säure	044	018
Salpeterſäure	045	019
Salzſäure	043	016
Sandarrak	046	021
Saphir, blau	026	021
Saſſafraßöl	060	032
Schildpatt	045	027
Schwefel, zerſchmolzen	130	149
Schwefelbalſam	045	023
Schwefelkohlenſtoff bei —0°,56 C.		03067
" " +28°,89 C.		03084
Schwefelkupfer	036	019
Schwefelſäure	031	014
Selenit	037	020
Smaragd	026	015
Spinell	040	031
Steinſalz	053	029
Spermacetöl	041	021
Spießglanz, ſalzſaurer	059	026
Strontian, kohlenſaurer max	046	032
" " min	027	015

Name der Körper.	$\frac{dn}{n-1}$	dn
Strontian, ſchwefelſaurer	0,024	0,015
Tabaköl	064	035
Terpentin	048	029
Terpentinöl	042	020
Theeröl	062	032
Topas, bläulich	025	016
„ blau	024	025
Turmalin	028	019
Thymianöl	050	024
Wachholdergummi	046	025
Wachholderöl	047	022
Waſſer	035	012
Weihrauch	048	028
Weinöl	032	012
Wurmholzöl	049	022
Weinſteinſäure	030	016
Yſopöl	044	022
Zirkon	044	045
Zucker	036	020

Zink (Spiauter), ein ehemals nur aus dem Orient kommendes, und von den Alten nur als Oxyd unter dem Namen Kadmia gekanntes, ſchweres, unedles Metall, wurde zuerſt von Paracelſus im 16ten Jahrhundert als eigenthümliches Metall erkannt, und wurde in Europa erſt ſeit der Mitte des 18ten Jahrhunderts häufiger als Metall dargeſtellt. — Natürlich findet man es meiſt nur als kohlenſaures Oxyd, und in Verbindung mit Schwefel im Galmey und in der Zinkblende. Die Darſtellung des Zinks im Großen iſt ein Deſtillationsproceß. Das im Handel vorkommende oſtindiſche Zink iſt das reinſte, nächſtdem das ſchleſiſche. Das reine Metall iſt von bläulich grauweißer Farbe, und ſtarkem Glanz, ſtrahlig blättrigem Gefüge, und mittelmäßiger Härte und 6,8 — 7,0 ſpec. Gewicht. Wenn es kryſtalliſirt, erſcheint es in vierſeitigen Säulen und Nadeln; es klingt, zerſpringt in der Kälte unter dem Hammer, läßt aber durch allmähligem Druck zu Platten und Drähten ſich verarbeiten, und zeigt ſeine größte Dehnbarkeit zwiſchen 80 bis 120° R., wogegen es bei 164° R. ſo ſpröde wird, daß es ſich pulvern läßt. Bei 290° R. ſchmilzt es noch vor dem Glühen, und verflüchtigt ſich bei ſchwacher Weißglühhitze. Bekannt iſt die bedeutende elektriſche Spannung des Zinks im Verhältniß zu den meiſten übrigen Metallen. — Die Verbindungen des Zinks mit andern Körpern betreffend, iſt zuerſt die einzige genau erkannte Sättigungsſtufe des Zinks mit Sauerſtoff, das Zinkoxyd (Zinkblumen, Zinkkalk) zu nennen. Es kommt natürlich mit etwas Eiſen- und Manganoxyd als Rothzinkerz vor. Doch ſchon durch bloße Berührung mit der Luft,

und bei gewöhnlicher Temperatur überzieht ſich das Zinkmetall nach und nach mit einem grauen, ſehr harten Häutchen, welches ſich ſchwerer in Säuren auflöſt, als das Metall; Berzelius betrachtet dieſen Ueberzug als ein Suboxyd, Prouſt dagegen als ein Gemenge von Metall und Oxyd. Glüht man das Zink an der Luft, ſo entzündet es ſich, brennt mit blendender, grünlich und bläulich weißer Flamme, und verwandelt ſich in eine weiße, zarte, flockige Subſtanz, das eigentliche Oxyd. Das natürliche Oxyd erſcheint in geraden rhombiſchſäulenförmigen, durchſcheinenden Kryſtallen von rother Farbe und Demantglanz; das künſtliche dagegen als ein weißes, lockeres, ſehr leichtes, geſchmackloſes, im Waſſer unlösliches Pulver von 5,600 ſpec. Gew., welches beim Erhitzen vorübergehend gelb wird. Friſch bereitet leuchtet es eine Zeit lang im Dunkeln, ſchmilzt bei ſtarker Rothglühhitze zu einem gelben Glas, und verflüchtigt ſich in der ſtärkſten Weißglühhitze. Mit Waſſer tritt es zu Zinkoxydhydrat zuſammen, und bildet mit Säuren die Zinkoxydſalze, farbloſe, meiſtens im Waſſer lösliche Körper von herbem metalliſchem Geſchmack. Auch zu den Alkalien hat das Zinkoxyd große Verwandtſchaft und bildet gern mit ihnen Doppelſalze; Zinkhyperoxyd bildet ſich durch Digeſtion des gallertartigen Zinkoxydhydrats mit Waſſerſtoffhyperoxyd, ein weißes, leicht zerlegbares Pulver. Mit Stickſtoff verbunden erſcheint das Zink als ſalpeterſaures Zinkoxyd, ein Salz, welches in waſſerhellen, geſtreiften, gedrückten, 4ſeitigen Säulen mit 4flächiger Zuſpitzung kryſtalliſirt, an der Luft zerfließlich, leicht löslich in Waſſer und Weingeiſt, von ſcharfem herben Geſchmack iſt, und auf glühenden Kohlen mit rother Flamme verpufft. Chlorzink (Zinkbutter) iſt eine halbdurchſichtige, weißlichgraue Maſſe von Wachsconſiſtenz, welche in der Glühhitze in weißen Nadeln ſublimirt. Mit Waſſer verſetzt bildet das Chlorzink das ſalzſaure Zinkoxyd, eine gallertartige, nach ſtarker Austrocknung feſte, bräunliche Maſſe, von herbſäuerlichem, metalliſchem Geſchmack, welche, nach Schindler, in concentrirter Löſung, und verſetzt mit überſchüſſiger Salzſäure durch Abdampfen octaedriſche Kryſtalle gibt. Sie iſt im Waſſer, auch im Weingeiſt und Aether löslich, und wurde als Löſung in Aether unter dem Namen Zinkäther als Arzneimittel vorgeſchlagen. Schwefelzink, das ſich natürlich als Blende in demantglänzenden Rautendodekaedern von ſchwarzer, rother, gelber, grüner Farbe u. ſ. w. und 4,07 ſpec. Gew. findet, läßt ſich auf künſtlichem Wege etwas ſchwierig durch Zuſammenſchmelzen des Zinks mit Schwefel, wobei zuweilen Feuererſcheinung ſtattfindet, bilden. Das künſtliche iſt eine gelbe oder braune, locker zuſammenhängende, ſehr ſtrengflüſſige Maſſe; dagegen der Niederſchlag, den man durch Zerlegung eines Zinkoxydſalzes mittels Hydrothionſäure auf naſſem Wege erhält, ein weißes Pulver. Schwefelſaures Zinkoxyd (weißer Vitriol, weißer Galitzenſtein) iſt ein in farblos durchſichtigen, geraden rhombiſchen Säulen, mit 4flächiger Zuſpitzung, und in unregelmäßiger 6- und 8ſeitigen Säulen kryſtalliſirendes Salz, von 1,9 ſpec. Gewicht und zuſammenziehendem, unangenehm metalliſchen Geſchmack, löslich in 2,28 kaltem, und weniger als ſeinem gleichen Gewicht kochendem Waſſer. Es verwittert langſam an trockner, war-

mer Luft, und ſchmilzt in gelinder Hitze in ſeinem Kryſtalliſationswaſſer; wobei die Flüſſigkeit, wenn ſie ſchnell erkaltet, zu einer körnigen kryſtalliniſchen, weißen, dem Hutzucker ähnlichen Maſſe erſtarrt, in welcher Form der weiße Vitriol im Handel vorkommt. Wird das Salz anhaltend erhitzt, ſo verliert es alles Kryſtalliſationswaſſer, und es bleibt dann eine weiße Salzmaſſe, ſogenannter calcinirter Vitriol zurück. Zu nennen ſind hier noch das halbſchwefelſaure und ſaure ſchwefelſaure Zinkoxyd. Mit Kohlenſtoff geht der Zink zwei Verbindungen ein, zu kohlenſaurem Zinkoxyd und Cyanzink. Erſteres (natürlich als Galmei oder Zinkſpath und Zinkblüthe vorkommend) tritt künſtlich in zwei ihren Eigenſchaften nach wenig verſchiedenen Sättigungsſtufen auf, als einfach und baſiſch kohlenſaures Zinkoxyd. Der Zinkſpath erſcheint in weißen, graulichen, rhombiſchen Kryſtallen, in ſeiner Zuſamenſetzung dem künſtlichen, einfachſauren Salze entſprechend, welches ein zartes, weißes, ziemlich ſchweres Pulver iſt. Die Zinkblüthe, eine weiße, zerreibliche, erdige Maſſe, entſpricht dem künſtlichen, baſiſch kohlenſauren Salze, welches gleichfalls als zartes, weißes, ziemlich lockeres, geſchmackloſes, im Waſſer unlösliches Pulver, das in der Glühhitze die Säure fahren läßt, auftritt. Cyanzink (blauſaures Zinkoxyd), erhalten durch Fällung von eſſigſaurem Zinkoxyd mit Blauſäure, zeigt ſich als blendendweißes, matt ſilberglänzendes, geſchmackloſes Pulver, welches im Waſſer und Weingeiſt unlöslich, in Salzſäure und Aezammoniak, ſowie in blauſaurem Kali leicht löslich, in der Hitze zerſtört wird, und durch Einwirkung ſtarker Säuren Blauſäure entwickelt. Es wird bisweilen in Pulverform zu innerlichem Gebrauch verordnet. Mit Kieſelerde verbunden kommt das Zinkoxyd als Zinkglas, zum Theil als Galmey natürlich vor. Endlich noch eine Verbindung mit Kalium: das Cyanzinkkalium, ein in glänzendweißen, regelmäßigen Octaedern kryſtalliſirendes, im Waſſer leicht lösliches Salz, von eigenthümlich ſüßlichem Geſchmack.

Zinn (Jupiter) ein ſchon den Phöniziern bekanntes unedles ſchweres Metall, das natürlich meiſt nur als Oxyd, Zinnſtein, und mit Schwefel und Kupfer verbunden im Zinnkies vorkommt. Das reine Zinn iſt ſtark glänzend, von ſilberweißer Farbe, kryſtalliſirt nach Breithaupt, wenn man es langſam erkalten läßt, und den noch flüſſigen Theil abgießt, in ſechsſeitigen Säulen; es iſt weich, wenn auch härter als Blei, läßt ſich leicht mit dem Meſſer ſchneiden, kniſcht beim Biegen ſtark, und klingt. Es läßt ſich zu ſehr dünnen Platten ausdehnen, unter welcher Geſtalt es im Handel als Zinnfolie, Stanniol, falſches Blattſilber vorkommt, aber nicht zu feinem Draht ausziehen, vereinigt ſich mit dem Queckſilber ſehr leicht zu Amalgam. Sein ſpez. Gew. beträgt 7,291 — 7,299. Wird es bis 160° R. erhitzt, ſo wird es ſpröde bis zum Pulveriſiren, es ſchmilzt ſchon bei 184° R. und läßt ſich nur in ſehr ſtarker Weißglühhitze verflüchtigen. — Mit Sauerſtoff geht das Zinn zwei Oxydationsſtufen ein: Zinnoxydul und Zinnoxyd; erſteres ein in Maſſe ſchwarzes, zerrieben graues, geſchmackloſes, im Waſſer unlösliches Pulver von 6,66 ſpec. Gew., welches durch Kohle und kohlenhaltige Körper in der Glühhitze reducirt wird; letzteres natürlich als Zinnſtein vorkommend, wo es in

quadratiſchen Oktaedern braun von Farbe erſcheint, jedoch mit verſchiedenen Abänderungen ins Schwarze, Graue, Weiße, Gelbe, von 6—7 ſpec. Gew., dagegen das künſtliche ein weißes oder gelbliches Pulver, iſt welches beim Erhitzen vorübergehend dunkelt, geſchmacklos, unlöslich im Waſſer iſt, und Lackmus nicht röthet. *Zinnaſche* heißt das graue Pulver, welches wie beim Zink, das blanke der Luft ausgeſetzte Metall überzieht, und ſich beim Erhitzen des Metalls bis zum Schmelzen bildet; vielleicht ein Zinnoxydul. Beide, das Zinnoxydul ſowohl wie das Oxyd, bilden mit Säuren Salze, welche meiſt farblos, zum Theil gelb, theils unlöslich, theils löslich im Waſſer und kryſtalliſirbar ſind. Die löslichen ſchmecken widerlich metalliſch, die neutralen werden durch viel Waſſer zum Theil in löslich ſaure und unlöslich baſiſche zerlegt. Die *Zinnoxydulſalze* ſchlägt Zink metalliſch nieder, und Goldauflöſung bewirkt einen braunen violetten, oder purpurfarbenen Niederſchlag (*Goldpurpur*). Das *Zinnoxyd* dagegen wird aus ſeinen ſauren Auflöſungen durch Zink als ein weißes gallertartiges Oxydhydrat niedergeſchlagen, und Goldauflöſung wirkt auf die *Zinnoxydſalze* nicht. Auch mit den Alkalien verbindet ſich das Zinnoxyd, das hier die Stelle der Säure vertritt. Zinnoxyd bildet mit Bleioxyd und Glasmaſſe Email; die Zinnaſche kann zum Poliren der Metalle benutzt werden. Mit *Stickſtoff* tritt das Zinn gleichfalls in 2 Verbindungen auf, als *ſalpeterſaures Zinnoxydul* und *Oxyd*. Erſteres dient als Beize.— Das *Chlor* ferner vereinigt ſich ebenfalls mit dem Zinn, das dieſem Dualismus beſonders ergeben ſcheint, in zwei Verhältniſſen, nämlich zu *einfachem* und *doppeltem Chlorzinn*. Das erſte iſt eine feſte, grau durchſcheinende Maſſe, die vor dem Glühen ſchmilzt, durch ſtarke Hitze theilweiſe verflüchtigt und zerlegt wird, und mit Waſſer verſetzt ſich in ſalzſaures Zinnoxydul verwandelt. Dieſes iſt kryſtalliſirbar, ſchießt in weißen, rhombiſchen Säulen und Nadeln an, iſt von herbem, unangenehmen metalliſchen Geſchmack, im trockenen Zuſtande ziemlich luftbeſtändig, uud löſt ſich bei vorwaltender Säure leicht in Waſſer auf. Dieſe Löſung zieht jedoch gern Sauerſtoff aus der Luft an, und verwandelt ſich dann, unter Abſcheidung von baſiſchem Salz, in ſalzſaures Z nnoxyd. Das ſalzſaure Zinnoxydul wird neuerlich äußerlich als Reiz- und Arzneimittel, innerlich gegen Epilepſie angeordnet. In der Färberei dient es als Beize, zu Lackfarben u. ſ. w. Das *doppelte Chlorzinn* (Zinnchlorid, Libav's, rauchender Geiſt) iſt eine waſſerhelle, tropfbare Flüſſigkeit von 2,25 ſpec. Gew., die ſehr flüchtig iſt, an der Luft ſtark raucht, ſtechend erſtickend riecht und ätzend wirkt. Ein Theil mit $\frac{1}{3}$ Waſſer vermiſcht, wird feſt, butterartig und ſchmilzt in gelinder Wärme, Zinnbutter, welche mit mehr Waſſer wieder flüſſig wird, und beim Verdunſten, wiewohl ſchwierig, in kleinen Kryſtallen anſchießt. Zu nennen ſind noch, obwohl minder wichtig, die Verbindungen des Zinns mit Brom und Jod, Bromzinn und Jodzinn. Mit dem Schwefel treffen wir das Zinn abermals in 2 Verhältniſſen. Er bildet mit ihm das einfache und das doppelte Schwefelzinn. Das einfache, durch Zuſammenſchmelzen des Schwefels mit Zinn unter Feuerentwicklung gebildet, iſt eine bleigraue, ſtrahlig kryſtalliniſche, ſpröde Maſſe von blätt-

rigem Bruch, und 5,267 ſpec. Gewicht. Doppelt Schwefelzinn (Muſivgold) iſt eine lockere glänzend goldgelbe Maſſe, die aus zarten Schuppen beſtehend zuweilen in ſechsſeitigen Blättchen kryſtalliſirt, ſich fettig anfühlt, und ſtark abfärbt, dabei geſchmack- und geruchlos, und unlöslich im Waſſer, auch in keiner Säure, außer in Königswaſſer und in kochender Alkaliauflöſung auflöslich iſt. Durch Glühen wird es in einfach Schwefelzinn und Schwefel zerlegt. Es dient zum Bronziren und zum Beſtreichen des Reibzeugs an der Electriſirmaſchine. Verbindungen des Zinns mit Schwefel und Sauerſtoff ſind das ſchwefelſaure Zinnoxydul und Zinnoxyd. Zinn mit Kalium giebt ein ſprödes Gemiſche, das in Waſſer oder wäſſrige Säuren geworfen unter Waſſerſtoffgasentwicklung heftig brauſt. Ebenſo vereinigt ſich das Zinn auch leicht mit ätzendem Kali und den andern Alkalien. Das Gemiſch des Zinns mit Antimon iſt, je nachdem Antimon oder Zinn vorherrſcht, ſpröde oder dehnbar. Eine ſolche Miſchung iſt das Pewter der Engländer, woraus Trinkgeſchirre verfertigt werden. Zinn und Zink geben eine harte geſchmeidige Legirung, welche bei gleichen Theilen dem Meſſing an Zähigkeit gleichkommt, und auch zur Bereitung des falſchen Blattſilbers dient.

Zirconium, die metalloidiſche Baſis der Zirconerde, welche 1824 zuerſt von Berzelius aus dem Fluorzirconiumkalium dargeſtellt wurde als ein ſchwarzes Pulver, welches gerieben etwas Metallglanz annahm, ſich jedoch als Nichtleiter der Elektricität erwieß, was ihm den Platz unter den Metallen ſtreitig zu machen ſcheint. Es verhält ſich gegen Waſſer eben ſo indifferent, wie das Silicium, und Säuren wirken darauf entweder gar nicht, oder ſelbſt im concentrirteſten Zuſtande nur langſam; am ſchnellſten wird es wie Silicium durch Flußſäure, oder durch ein Gemiſch von Fluß- und Salpeterſäure oxydirt. Wird es an der Luft erhitzt, ſo entzündet es ſich, und verwandelt ſich in Zirconerde. Dieſes Oxyd des Zirconiums, das ſchon Klaproth 1789 entdeckte, und welches natürlich mit Kieſelerde verbunden in einigen ſeltenen Mineralien, im Zircon und Hyacinth vorkommt, erſcheint, künſtlich dargeſtellt, als ein weißes, ſich rauh anfühlendes, geſchmackloſes Pulver von 4,3 ſpec. Gewicht. Es bildet mit Waſſer ein Hydrat und mit Säuren die Zirconerdeſalze, farbloſe, und wenn ſie löslich ſind, herb und ſauer ſchmeckende Subſtanzen, welche das Lackmus röthen, und ſehr leicht durch Alkalien zerlegbar ſind. Mit Chlor verbindet ſich das Zirconium unter Feuererſcheinung zu einer feſten Maſſe, desgleichen mit Schwefel zu einem braunen im Waſſer unauflöslichen Pulver, welches die Elektricität nicht leitet, und durch Flußſäure unter Entwicklung von Hydrothionſäure zerlegt wird. —

Zitterfiſche. Gewiſſe Arten von Fiſche haben das eigenthümliche Vermögen, eine der Entladung der Leidner Flaſche ähnliche Erſchütterung mitzutheilen, wenn man ſie berührt. Man unterſcheidet drei Gattungen dieſer Fiſche, den Zitteraal, Zitterrochen und Zitterwels. Nachdem ſich ſchon früher verſchiedene Naturforſcher mit

Beobachtung und Unterſuchung dieſer Fiſche beſchäftigt, machte Humboldt im Verein mit Bonpland während ſeines Aufenthaltes in Südamerika merkwürdige Beobachtungen über die Natur dieſer Thiere, ſo wie über die Art, ſie zu fangen. Er berichtet darüber in ſeinem Reiſejournal Folgendes: „Wir reiſten am 19ten März frühmorgens nach dem kleinen Dorfe Raſtro de Abaxo. Von hier führten uns die Indianer an einen Bach, welcher in der trockenen Jahreszeit ein Baſſin ſchlammigen Waſſers bildet, das von ſchönen Bäumen, von Cluſia, Amyris und wohlriechend blühenden Mimoſen umwachſen iſt. Der Fang der Zitteraale mit Netzen, iſt wegen der großen Behendigkeit dieſer Fiſche, welche wie Schlangen ſich in den Schlamm einwühlen, ſehr ſchwierig. Man wollte den Barbasco nicht anwenden, d. h. Wurzeln der Piscidia erythrina, der Jaquinia armillaris und einiger Phyllanthusarten, welche, wenn man ſie in eine Pfütze wirft, die Thiere berauſchen und betäuben, denn dieſes Mittel würde die Zitteraale geſchwächt haben. Die Indianer ſagten uns, ſie würden mit Pferden fiſchen. Wir konnten uns von dieſem außerordentlichen Fiſchfang kaum einen Begriff machen, aber bald ſahen wir unſre Führer aus der Savane zurückkommen, wo ſie ein Treibjagen auf ungezähmte Pferde und Maulthiere angeſtellt hatten. Sie führten deren etwa dreißig Stück heran, die man zwang in den Sumpf zu gehen. Der außerordentliche Lärm, den das Stampfen der Pferde macht, reizt die Fiſche, aus dem Schlamm emporzutauchen, und den Kampf zu beginnen. Dieſe bräunlichen ſchlüpfrigen Aale ſchwimmen nun, ähnlich großen Waſſerſchlangen, auf der Oberfläche des Waſſers und legen ſich dicht unter den Bauch der Pferde und Maulthiere. Ein Kampf zwiſchen Geſchöpfen ſo verſchiedener Organiſation gewährt das maleriſcheſte Schauſpiel. Die Indianer, mit Harpunen und langen dünnen Rohren bewaffnet, umringen im engen Kreiſe den Tümpel; einige von ihnen ſteigen auf die Bäume, deren Zweige ſich horizontal über die Oberfläche des Waſſers neigen. Durch ihr wildes Geſchrei, und ihre langen Binſenruthen verhindern ſie die Pferde, ſich zu retten und das Ufer zu erreichen. Die Aale vertheidigen ſich durch wiederholte Schläge ihrer elektriſchen Batterieen, und ſcheinen lange Zeit, den Sieg davonzutragen. Mehre Pferde unterliegen den heftigen, unſichtbaren Schlägen, welche ſie von allen Seiten an den weſentlichſten Lebensorganen empfangen; betäubt durch die Kraft und häufige Wiederkehr dieſer Erſchütterungen, verſchwinden ſie unter dem Waſſer. Andere erheben ſich ſchnaubend, mit geſträubten Mähnen, die Augen wild mit dem Ausdruck der Angſt, und ſuchen dem Gewitter zu entfliehen, was ſie überraſcht. Die Indianer treiben ſie in die Mitte des Waſſers zurück; indeß gelingt es einer kleinen Zahl, die Wachſamkeit der Fiſcher zu täuſchen. Sie gewinnen das Ufer, ſtraucheln bei jedem Schritt, und ſtrecken ſich in den Sand, außer ſich vor Anſtrengung, und mit ſchlaffen Gliedern. — In weniger als fünf Minuten waren zwei Pferde ertrunken. Ein ſolcher fünf Fuß langer Aal, welcher ſich gegen den Bauch des Pferdes andrückt, entladet ſein elektriſches Organ in ſeinem ganzen Umfange. Er trifft auf einen Schlag das Herz, die Einge-

weide und den Plexus coeliacus der Abdominalnerven. Natürlich erleiden alſo dadurch die Pferde eine weit heftigere Wirkung der Schläge des Fiſches, als der Menſch, ſobald er ihn nur mit einer ſeiner Extremitäten berührt. Die Pferde werden wahrſcheinlich nicht getödtet, ſondern nur betäubt. Sie ertrinken, da ſie wegen des zwiſchen den übrigen Pferden und Zitteraalen fortgeſetzten Kampfes nicht im Stande ſind, ſich wieder zu erheben. — Wir zweifelten nicht, daß der Fang nur mit dem allmähligen Tod der dazu angewendeten Thiere enden würde, allein nach und nach vermindert ſich die Heftigkeit dieſes ungleichen Kampfes; die erſchöpften Zitteraale zerſtreuen ſich. Sie haben eine lange Ruhe und Ueberfluß an Nahrung nöthig, um den Verluſt an galvaniſcher Kraft zu erſetzen. Die Maulthiere und Pferde ſchienen nach und nach weniger furchtſam; ihre Mähne ſträubte ſich nicht mehr; ihre Augen drückten nicht mehr den großen Schreck aus. Die Aale näherten ſich furchtſam dem Ufer des Moraſts, wo man ſie mittels kleiner, an langen Sehnen befeſtigten Harpunen fing. Sind dieſe Sehnen recht trocken, ſo empfinden die Indianer, indem ſie den Fiſch in die Höhe heben, keine Erſchütterung. In wenig Minuten hatten wir fünf große Aale, von denen der größere Theil nur leicht verwundet war. Noch mehr fing man durch daſſelbe Mittel gegen Abend. — Die Temperatur der Gewäſſer, in welchen ſich gewöhnlich die Zitteraale aufhalten, beträgt 26° — 27° (wahrſcheinlich C). Man verſicherte uns, daß ihre elektriſche Kraft ſich in kälteren Gewäſſern vermindere. Im Allgemeinen iſt es merkwürdig, daß die mit elektricitäterregenden Organen begabten Thiere, deren Wirkungen für den Menſchen fühlbar ſind, ſich nie in der Luft, ſondern in einem Fluidum finden, welches die Elektricität leitet. Der Zitteraal iſt der größte der elektriſchen Fiſche; ich maß deren, welche 5 Fuß bis 5 Fuß drei Zoll lang waren. Die Indianer verſicherten mir, ſie hätten noch größere geſehen. Ein Fiſch von 3 Fuß 10 Zoll Länge wog 12 Pfund. Der Querdurchmeſſer des Körpers (ungerechnet die Afterfloſſe, welche in Form eines Schiffkiels ſich verlängert) betrug 3 Zoll 5 Linien. Die Zitteraale von Cano de Vera ſind ſchön olivengrün; der Untertheil des Kopfes braun, mit Roth gemiſcht. Zwei Reihen kleiner brauner Flecke ziehen ſich ſymmetriſch längſt dem Rücken hin, vom Kopfe bis an das Schwanzende. Jeder Fleck umſchließt eine zum Ausführen beſtimmte Oeffnung; ebenſo iſt die Haut des Thieres beſtändig mit einer ſchleimigen Materie bedeckt, welche, wie ſchon Volta bewieſen hat, die Elektricität 20 — 30 Mal beſſer leitet, als reines Waſſer. Ueberhaupt iſt es ſehr merkwürdig, daß keiner der bis jetzt in den verſchiedenen Welttheilen entdeckten elektriſchen Fiſche Schuppen trägt.“ — Humboldt empfing, ſeinen Aeußerungen zufolge, nie durch eine große Leidner Flaſche einen ſo ſtarken Schlag, als den er empfand, da er ſeine beiden Füße unmittelbar auf einen eben aus dem Waſſer gezogenen Zitteraal ſtellte. Er empfand lange Zeit einen lebhaften Schmerz in den Knieen, und faſt in allen Bändern. Sind die Zitteraale ſehr geſchwächt, ſo verurſachen ſie nur ein Zittern, welches ſich von dem unterſtützten Theile auf alle Organe fortſetzt, denen man die Fähigkeit zuſchreibt, die Be=

wegung bis zur nächſten Knochenfügung fortzuſetzen. Becquerel *) fügte hinzu, daß man bei jedem Schlag eine innerliche Zuckung zu empfinden glaubt, welche zwei bis drei Secunden dauert, und auf welche eine ſchmerzliche Erſchlaffung folgt; dieſe mag mit dem Zittern Aehnlichkeit haben, welches Humboldt bei jeder Berührung von zwei heterogenen Metallen empfand, die mit wunden Stellen von Zugpflaſtern auf den beiden Deltamuskeln verbunden waren. Was nun auch die Urſache der Erſchütterung ſein möge, immer hängt dieſe von dem Willen des Fiſches ab; denn es kommt bisweilen vor, daß man ſie nicht empfindet, wenn man, iſolirt oder nicht, verſucht ihn zu berühren. Z. B. Bonpland hielt ihn einigemal am Kopf, oder in der Mitte des Leibes, und Humboldt am Schwanze, und obwohl ſie auf einem feuchten Boden ſtanden, und ſich nicht die Hand gaben, erhielt doch blos einer den Schlag. Sie bemerkten auch, daß die heftigſten Muskelbewegungen nicht immer von Schlägen begleitet waren. Es ſcheint daraus ſogar hervorzugehen, daß es von dem Zitteraal abhängt, nur nach dem Punkte hinzuwirken, wo er am ſtärkſten gereizt wird. — Der Zitterrochen wurde Gegenſtand häufigerer Unterſuchungen als der Zitteraal, namentlich bei den franzöſiſchen Phyſikern, weil man ihn oft in den Meeren findet, welche die Küſten Frankreichs beſpülen. Die Verſuche über dieſen Fiſch, welche man Gay-Lüſſac und Humboldt verdankt, zeigten von den vorigen etwas verſchiedene Erſcheinungen. Wenn der Zitterrochen den Schlag austheilt, ſo bewegt er die Bruſtfloſſen convulſiviſch. Der Schlag iſt mehr oder minder ſchmerzlich, je nachdem die unmittelbare Berührung mit einem Theile des Körpers durch eine breitere oder ſchmälere Oberfläche erfolgt. Bei dem Zitteraal iſt dieß nicht ſo; die Floſſen, die Augen und der Kopf bleiben unbeweglich, wenn das Thier den Schlag austheilt; dahingegen muß man bei einem, wie bei dem andern das Thier nothwendig allemal reizen, um dergleichen Wirkungen zu erfahren, die demnach von ihrem Willen abhängen. Der Zitterroche begnügt ſich nicht blos mit einem Schlag, ſondern man unterſcheidet leicht mehre, welche er mit erſtaunlicher Geſchwindigkeit austheilt. Um ſie zu empfangen, braucht die Perſon nicht iſolirt zu ſein. Gay-Luſſac bemerkte, daß eine iſolirte Perſon den Schlag nur bei unmittelbarer Berührung mit dem Finger erhielt, d. h. daß er nicht durch das Zwiſchenmittel eines metalliſchen Körpers erfolgte. Bringt man nämlich den Zitterrochen auf eine Metallplatte, ſo daß die Platte die untere Fläche der ihm eigenthümlichen Organe berührt, ſo empfängt die Hand, welche dieſe Platte hält, keine Schläge, wenn auch eine iſolirte Perſon das Thier reizt, und die convulſiviſche Bewegung der Bruſtfloſſen ſtarke und wiederholte Entladungen anzeigt. Bringt man ferner den Fiſch zwiſchen zwei Metallplatten, deren beide Ränder ſich nicht berühren, und bringt man zu gleicher Zeit beide Hände an die Platten, ſo muß die Entladung

*) Traité expir. de l'électr. et du magnet. 4 Vol. Paris, 1836.

durch das Zwiſchenmittel der beiden Hände vorgehen, wenn das Phänomen von der Wirkung eines von oben nach unten circulirenden Stromes herrührt. Es iſt nicht mehr daſſelbe, wenn der Roche ſich zwiſchen zwei Metallplatten befindet, deren Ränder ſich berühren, weil die Entladung dann durch das Zwiſchenmittel des Metalls Statt findet. — Die Wirkung iſt dieſelbe obenerwähnte, wenn man den Fiſch mit einem Metallſtabe berührt. Gay-Luſſac und Humboldt konnten keine Wirkung elektriſcher Spannung wahrnehmen in dem Augenblick, wo der Roche den Schlag austheilte. Dieſes Reſultat war leicht vorauszuſehen, da die elektriſchen Entladungen niemals von Erſcheinungen begleitet ſind, welche der geſpannten Elektricität angehören. Iſt der Zitterroche ſehr kräftig, ſo entwickelt er im Waſſer wie in der Luft dieſelbe Stärke. — Folgendes ſind die Mittel, welche man anwandte, um den elektriſchen Urſprung der Schläge des Zitterrochens zu erkennen: In den Schlägen des Thieres muß man nicht Wirkungen einer Spannung ſuchen, ſondern ſie als elektriſche Ströme anſehen, welche chemiſche Zerſetzungen hervorbringen, auf die Magnetnadel wirken, und die Polarität ſtählerner ſchwach magnetiſirter Nadeln verändern können. Man muß alſo zu dieſem Zweck Inſtrumente anwenden, welche die Gegenwart electriſcher Ströme bezeugen, die durch ähnliche Entladungen wie die bei der Leidner Flaſche hervorgebracht ſind. Die gewöhnlichen Multiplicatoren ſind hierzu nicht brauchbar, weil die Windungen des Drahts durch die ſie bedeckende Seide nur unvollkommen iſolirt ſind, alſo die Entladung von einer auf die andere überzugehen geſtatten. Man muß ſich alſo des Colladonſchen Multiplicators*) bedienen, welcher indeſſen, wenn der Faden zu lang iſt, das Unbequeme hat, ein zu beträchtliches Volumen zu beſitzen, als daß der die Umwindungen des Drahts durchlaufende Strom auf die Nadeln hinreichend wirkſam ſein könnte. Auch kann man in der That einen großen Theil des Unzweckmäßigen, was der gewöhnliche Multiplicator hat, beſeitigen, ſobald man vorläufig die Entladung in einem mit deſtillirtem Waſſer gefüllten Gefäß vor ſich gehen läßt. Sind die beiden äußerſten Enden des Drahts des Multiplicators durch zwei ſtarke Platinblättchen geſchloſſen, ſo entſteht die Frage: kann man jedes von ihnen an irgend zwei Körpertheilen des Zitterrochens anbringen, ohne fürchten zu müſſen, daß die unter dieſen Umſtänden hervorgebrachten Effecte auf die Magnetnadel eine andere Urſache haben, als die Entladung? Nein; denn Donné zeigte, daß, wenn man eine Platinplatte in den Mund, und eine andere an die Bruſt des Menſchen legt, man einen Strom erhält, der aus der Wirkung des einen auf die andere durch das Zwiſchenmittel der feuchten umgebenden Theile, mittels zweier verſchiedenen Flüſſigkeiten, die mit den Platten in Berührung kamen, erfolgte. Die Wirkung zeigt ſich noch einige Zeit nach dem Tode; man kann ſie auf gleiche Weiſe an allen Thieren, ſelbſt an den Fiſchen jederzeit erproben, wenn die Platten in Berührung mit zwei Gegenden ſtehen, wel-

*) S. d. Art. Multiplicator S. 739.

che verſchiedene Flüſſigkeiten umſchließen. Es iſt alſo unmöglich, wenn man einen elektriſchen Strom, der aus einer augenblicklichen Entladung entſteht, beobachten will, dabei Platinplatten, oder einen gewöhnlichen Multiplicator, oder ſelbſt einen dazu beſonders eingerichteten anzuwenden, ohne daß man zuvor die elektrochemiſchen Ströme beſeitigt hat. Aber dieſe letzteren, und die aus augenblicklichen Entladungen entſtehenden Ströme haben ihre beſtimmt unterſchiedenen Eigenthümlichkeiten; die einen gehen nicht durch deſtillirtes Waſſer hindurch, die andern ohne die mindeſte Schwierigkeit. Will man alſo dieſe beiden Ströme ſondern, ſo braucht man nur in dem Umfang des Multiplicators eine U förmig gekrümmte Glasröhre, mit deſtillirtem Waſſer gefüllt, zu bringen. Der nun erhaltene Strom iſt lediglich die Folge augenblicklicher Entladung. Gegen die Urſache des eben angedeuteten Irrthums verwahrte ſich John Davy, von dem wir eine intereſſante Arbeit über den Zitterrochen haben, allerdings nicht, wie man aus ſeiner Abhandlung in den Philosophical transactions, 1832, 1ſter Theil erſehen kann. Er vernachläſſigte die elektrochemiſchen Effecte, welche hervorgebracht werden, wenn zwei Platinplatten, die an den beiden Enden des Drahts des Multiplicators befeſtigt ſind, mit irgend zwei feuchten Theilen eines todten oder lebenden Thieres in Berührung kommen, und dieſe Wirkungen ſind noch nicht viel deutlicher, wenn man, wie er es that, Kupferplatten anwendet, welche niemals durch eine und dieſelbe Flüſſigkeit gleich angegriffen werden, zumal, wenn dieſe Flüſſigkeit Meerwaſſer iſt. Dieſe Thatſache iſt ſehr leicht zu veranſchaulichen: taucht man die zwei Enden des Kupferdrahts eines Multiplicators in eine Salzauflöſung, ſo erhält man immer einen Strom, welcher der Windung folgend, von der am wenigſten nach der am meiſten angegriffenen Seite hinſtrömt. — Dieſe Apparate ſind nicht die einzigen, welche dazu gedient haben, die elektriſchen Eigenheiten des Zitterrochens zu unterſuchen; es gibt noch einen andern außerordentlich empfindlichen, aber ſeine Anwendung erfordert dieſelben Vorſichtsmaßregeln, wie die oben angedeuteten; es iſt dieß nämlich der nach Galvani präparirte Froſch. Galvani ſelbſt machte damit einen Verſuch. Er legte den präparirten Froſch auf irgend eine Stelle des Zitterrochens, und erſterer zog ſich lebhaft zuſammen, ſelbſt wenn er auf einer feuchten Tafel in einer gewiſſen Entfernung vom Zitterrochen ausgeſpannt war, während dieſer ſelbſt ruhig blieb. Volta ſchloß daraus, daß die Organe, welche dieſe Fähigkeit beſitzen, in Folge eines von oben nach unten und umgekehrt gehenden beſtändigen Stroms eines elektriſchen Fluidums immer in Thätigkeit ſind. — Folgendes ſind nun die Reſultate der Verſuche, welche in neueſter Zeit Becquerel und Breſchet über die Natur des Zitterrochens nach der oben angeführten Methode anſtellten. Sie operirten an Ort und Stelle zu Chioggia ohnweit Venedig, weil ſich die Zitterrochen ſchwer transportiren laſſen, ohne etwas von ihrer Lebenskraft zu verlieren. Die Zitterrochen, mit welchen ſie ihre Verſuche anſtellten, waren 6 — 12 Zoll lang. Sie fanden zuerſt die ſeit langer Zeit bemerkte Eigenthümlichkeit des Thieres beſtätigt, vermöge welcher

es, ſobald man es gereizt hat, und mit dem Finger berührt, einen Schlag, dem der Leidner Flaſche ganz ähnlich, verſetzen kann. Dieſer Schlag iſt in der That mehr oder minder ſchmerzhaft, je nachdem eine breitere oder ſchmälere Oberfläche in Berührung kommt, und zwar mit jedem Theil des Körpers des Fiſches, ausgenommen den Schwanz, welchen man ungeſtraft anfaſſen darf. Will man die Wirkungen recht deutlich wahrnehmen, ſo muß man die Hand auf einen mittleren Theil des Körpers legen, und vorzüglich auf die Stellen, welche mit einem beſondern Organ zuſammenhängen, wohin die Elektricität zuſtrömt. Je nachdem die Lebenskraft des Thieres groß iſt, ſpürt man die Erſchütterung in den Knochenfügungen des Fingers, in der Handwurzel, im Ellenbogen, und ſelbſt in der Schulter. Da die Wirkung fühlbar iſt, ſelbſt wenn man den Rochen nur mit einem Finger berührt, ſo muß man daraus ſchließen, daß dieſer einem Theile der Entladung den Durchgang verſtattet, welche in dem Innern des Organs vor ſich geht, in dem Augenblick, wo das Thier gereizt wird. Dieſe Wirkung iſt folglich das Ergebniß eines Seitenſtoßes, ähnlich dem, welches man durch folgendes Experiment erhält: Stellt man eine geladene Leidner Flaſche auf ein feuchtes Tuch, und entladet ſie ſo, daß dieſes an dem Durchgang der Elektricität Theil nimmt, ſo zeigen präparirte Fröſche, die man darauf legt, durch ihre Zuſammenziehung an, daß der Strom ſich in dem ganzen Tuch verbreitet hat. Hieraus folgt, daß die Maſſe Elektricität, welche bei der urſprünglichen Entladung ausſtrömt, nur ein ſehr kleiner Theil der Elektricität ſein kann, welche in dem Organ des Zitterochens circulirt. Da ferner der Zitterrochen die Entladung erfolgen läßt, wohin er will, ſo muß man vorausſetzen, daß dieſe Entladung nicht auf einmal über die ganze Haut erfolge, und daß das Thier mittels einer verborgenen, in irgend einem Theile des Zellgewebes ſich ergießenden Flüſſigkeit nach Belieben die Verbindung zwiſchen den Organen und dem oder jenem Punkte ſeiner Haut herſtellen könne. Es iſt bemerkenswerth, daß das Thier, wenn man es am Schwanze feſthält, und von oben und von unten mit Platinplatten drückt, um die beiden Elektricitäten zu verbinden, ſich ſtark zuſammenzieht, indem es die Wirbelſäule bald hoch, bald niedrig zuſammenkrümmt, als ob es von Krampf ergriffen wäre. Die Bruſtfloſſen bewegen ſich convulſiviſch, und werden oft nach oben gebogen in Form eines Kammes. Nichts deſto weniger ſind, wie ſchon frühere Beobachter bemerkten, die heftigſten und krampfhafteſten Muskelbewegungen nicht immer von elektriſchen Schlägen begleitet; dieſe können alſo nicht immer als Folge der Muskelzuſammenziehungen betrachtet werden, ſondern als Wirkung eines freien Willenacts des Thieres. Hat man die Zitterrochen lange Zeit gereizt, ſo verwandelt die Haut der untern Fläche des Körpers ihre ſonſt gewöhnlich weiße Farbe in Roſenroth, und geht oft in ein ſehr lebhaftes Roth über. — Der Multiplicator, deſſen ſich Becquerel und Beſchet bedienten, um die Natur der elektriſchen Ströme, der Frucht der augenblicklichen Entladungen, zu erforſchen, war außerordentlich empfindlich. Er beſtand aus einem mit Seide überzogenen Kupferdraht, welcher mit Gummilack in ſeiner ganzen Länge überfirnißt, und

einige tauſend Mal um das Geſtelle gewickelt war. Vermöge dieſes Ueberzugs waren die Umwickelungen iſolirt, eine Vorſicht, die man immer beobachten muß, wenn man einen augenblicklichen Strom über einen um ſich ſelbſt gewickelten Metalldraht ſtreichen laſſen will. Die beiden Enden des Drahts liefen jedes in einen Platindraht aus, an welchem eine Platte von demſelben Metall angeſchweißt war; die eine dieſer Platten wurde in den einem Schenkel eines in Uform gekrümmten und mit deſtillirtem Waſſer gefüllten Glasrohres getaucht, während eine dritte Platinplatte, in Verbindung mit der andern Platte durch das Zwiſchenmittel eines Platindrahts, in dem andern Schenkel ſich befand. Die zwei freien Platten, deren jede man mittels eines iſolirenden Griffs in einer Hand hielt, wurden die eine an die obere, die andere an die untere Fläche des Zitterrochens in folgender Weiſe angelegt: Man hob das Thier am Schwanze aus dem Waſſer, und hielt es in verticaler Stellung, den Kopf nach unten; hierauf legte man die beiden Platten an das Hauptorgan, jede auf einer Seite; nun zeigte die Nadel eine Ablenkung von 5 bis zu 40°, gemäß der Lebenskraft und dem Willen des Thieres. Wechſelte man in der Stellung der Platten, ſo wurde die Richtung des Stroms umgekehrt. Dieſe Thatſache beweiſt vollkommen, daß die Wirkung elektriſcher Natur iſt, und nicht dem Vorhandenſein fremdartiger, über die Oberfläche der Platinplatten verbreiteter Körper zugeſchrieben werden müſſe, ſondern vielmehr der Richtung der Entladung in dem Organ. — Die verticale Stellung, welche man dem Zitterrochen gibt, reizt ihn ſehr, und verſetzt ihn alſo in den angemeſſenen Zuſtand, um Schläge zu ertheilen. Die Richtung des Stromes zeigt an, daß die an den obern Theil des Organs angelegte Platte ihm die poſitive, und die mit dem untern Theil in Berührung ſteht, die negative Elektricität entzieht. Setzte man die elektrodynamiſchen Spiralen *) an die Stelle des Multiplicators, ſo machten ſie die ins Innere gebrachten ſtählernen Nadeln magnetiſch. Die Richtung der Magnetiſirung war übereinſtimmend mit der Abweichung der magnetiſirten Nadeln im Multiplicator. Es iſt folglich gegenwärtig bewieſen, daß die von dem Zitterrochen erregte Erſchütterung das Ergebniß einer elektriſchen Entladung, ähnlich der der Leidner Flaſche, iſt, und zwar in einer ſolchen Richtung, daß in der oberen Fläche des Hauptorgans der Sitz der poſitiven und in der untern Fläche der der negativen Elektricität ſich befindet.

Das den elektriſchen Fiſchen eigenthümliche Organ beſteht beim Zitterrochen aus zwei deutlichen Theilen, welche ſich je eines an jeder Seite des Kopfes befinden. Hunter und Geoffroy St. Hilaire haben bemerkt, daß jedes derſelben von einer großen Anzahl ſehniger häutiger Röhren gebildet wird, welche dicht, ſechseckig prismatiſch und unter einander parallel um die Kiemen herumgeſtellt ſind, und deren eines Ende an die darüber liegende Haut, das andere an eine darunter befindliche ſtößt. Hunter hat 1182 ſolcher Röhren

---

*) S. d. Art. Elektromagnetismus S. 179.

in einem einzigen Organe eines Zitterrochens berechnet. Alle dieſe Röhren ſind durch eine gleichmäßig aponeurotiſche Haut, welche ſich über die ganze Oberfläche des Thieres ausbreitet, an ihren beiden Enden vollkommen geſchloſſen. Dieſe Röhren werden nach Geoffroy St. Hilaire von kleinen, in ſehr geringen Abſtänden von einander liegender Häutchen horizontal durchſtrichen; der Raum zwiſchen denſelben iſt von einer Subſtanz erfüllt, welche aus Eiweiß und Gallerte zuſammengeſetzt zu ſein ſcheint. Durch dieſen Apparat gehen ſehr zahlreiche Nervenfäden, die in jeder Röhre vertheilt ſind und den größeren Nerven durch ihre Dicke entſprechen.

John Davy ſah, wenn er das elektriſche Organ in ſiedendes Waſſer tauchte, daß die Zellen ſich ſogleich nach allen Richtungen zuſammenzogen da ſie vorher ſechseckig oder fünfeckig waren, und binnen wenig Minuten feſter wurden. Bei den Experimenten, die er in Rom machte, ſah er nun, daß die Röhren deutlich faſerig und blätterig waren, eine Structur, welche ſehr an die der zamboniſchen Säule erinnert. Bei denjenigen Experimenten hingegen, die John Davy in Genua anſtellte, ſah er nicht dem Aehnliches; die ſehnigen Faſern verwandelten ſich in einigen Secunden in Gallert und die Zellen ſonderten ſich von einander, indem ſie das Anſehen und die Conſiſtenz eines glänzenden und ſehr zarten Schleims bekamen. Vielleicht liegt die Urſache dieſer ſo großen Verſchiedenheit in der Veränderung gewiſſer Nebenumſtände, wie der Temperatur, der Dauer der Eintauchung, der Zeit, ſeit welcher das Thier geſtorben. Wie dem auch ſei, John Davy konnte bei gewöhnlicher Temperatur und mit einer Linſe von hundertfacher Linearvergrößerung die Beobachtungen von Hunter und Geoffroy St. Hilaire über die Organiſation jedes aponeurotiſchen Röhrchens nicht beſtätigen, da ihm alles als eine gleichförmige, in verſchiedenen Richtungen von wahrſcheinlich nervöſen Faſern durchzogene Maſſe erſchien.

Nach Breſchet berühren ſich nach vorn und vor den Geruchsorganen zwei aus einer Menge von Prismen zuſammengeſetzter Körper vermittels eines Gewebes von immer kleiner werdenden Zellen, in denen ſich ein Gewebe befindet, das dem, welches die Prismen bildet, völlig ähnlich iſt. Das ganze Organ iſt von einer Faſerhaut umgeben, die den benachbarten Theilen wenig anhängt. Dieſelbe heftet ſich nach außen an mehre im Bogen ſtehende und unter ſich zuſammengegliederte Knorpelſtücke. Muskeln, welche ſich an dieſe Knorpelſtücke heften, können das Organ zuſammendrücken und ausdehnen. Von der innern Fläche der das Organ umgebenden Faſerhaut gehen ebenſo faſerige Scheidewände aus, in deren Dicke ſich eine außerordentliche Menge Nervenfäden veräſteln. Die faſerigen Scheidewände bilden auch Zellen, welche denen einer Honigwabe gleichen, jedoch mit dem Unterſchiede, daß die früher genannten Zellen des elektriſchen Organs von allen Seiten geſchloſſen ſind. Die Scheidewände ſind ſo geſtellt, daß ſie immer je zweien der prismatiſchen Röhren angehören. Daher hat jedes einzelne Prisma, obſchon es völlig iſolirt von den andern, keine eigenthümliche Hülle. Da, wo ſich drei Scheidewände vereinigen, befinden ſich die Nerven und die Gefäße, welche in das Innere des Zellgewebes eindringen, ſowie eben da nur al-

lein das Prisma anhängt, während es von dem übrigen Theile der Scheidewände durchaus frei zu ſein ſcheint. Wenn man nun eine ſolche Scheidewand der Länge nach aufſpaltet und auf die Seite auseinander legt, ſo daß eine der Seitenflächen des inliegenden prismatiſchen Körpers frei wird, ſo ſieht man auf dieſer Seitenfläche eine Menge Querſtreifen, die unter ſich durch ein äußerſt feines und zartes Zellgewebe verbunden ſind. Die Streifen zeigen keine iſolirten und übereinander liegenden Plättchen an, wie die Elemente einer voltaiſchen Säule, ſondern alles iſt unter einander verbunden, alles bildet eine faſt homogene, geſtaltloſe Maſſe, in der man nur etwas dunklere Streifen unterſcheidet, von denen man annimmt, daß ſie nervöſer Natur ſeien, da ihr Anhaftungspunkt den Vereinigungswinkeln der Scheidewände entſpricht, wo man die nervöſen Fäden ſie durchdringen ſieht. Die große Menge der Nervenfäden, welche ins Innere des Organs eindringen, beſtätigen dieſe Anſicht.

Das elektriſche Organ ſchien John Davy von der Voltaiſchen Säule nicht afficirt zu werden, weder im Leben, noch nach dem Tode des Thieres. Auch andere Reizmittel wirkten eben ſo wenig, ſo daß dieſes Organ nicht der Zuſammenziehbarkeit fähig zu ſein ſcheint, und daß dieſe prismatiſchen Körper an ſich nicht die Natur der Muskeln zu haben ſcheinen, ſondern von umgebenden Muskeln bewegt werden. — Da die Nerven des elektriſchen Organs mit denen des Bauchs zuſammenhängen, ſo meint John Davy, daß die überflüſſige Elektricität bei der Verdauung thätig ſei, was dadurch bewieſen zu werden ſcheint, daß Davy fand, daß ein Zitterrochen, den man zu vielen Schlägen gereizt hatte, einen kleinen Fiſch, den er verſchlungen, nicht zu verdauen angefangen hatte. John Davy ſtellt auch die Hypotheſe auf, daß die Kiemen durch den elekriſchen Apparat die Eigenſchaft beſitzen, Waſſer zu zerſetzen, um das Oxygen zu verſchaffen, deſſen das Thier bedarf, wenn es von Schlamm und Sand bedeckt iſt, ſo daß es ihm an Luft fehlt. Bis jetzt wird dieſe Anſicht weder von einer Thatſache beſtätigt, noch widerlegt. Der Zitterrochen ſondert beſonders um das elektriſche Organ herum ſehr viel Schleim ab, welcher ein weit beſſerer Leiter als das Meerwaſſer iſt, denn wenn die Enden des Drahts, mit dem man den Zitterrochen berührt, mit einem friſchen Stück Haut deſſelben, das noch ſeinen natürlichen Schleim hat, bedeckt ſind, ſo wird der Schlag viel ſtärker als ſonſt. Man glaubt, daß die Elektricität des Fiſches von dieſem Schleim nicht nur begünſtigt werde, ſondern daß die Erzeugung deſſelben auch wiederum von jener bedingt werde. — Uebrigens iſt nach John Davy's Meinung die eigentliche Erzeugungsart der Elektricität noch in ein tiefes Dunkel gehüllt, da dieſelbe von der Lebensthätigkeit abhängt, indem man nach dem Tode des Thieres nicht mehr die geringſte Spur von Elektricität erhalten kann, und bei dieſen Thieren die Erzeugungsart der Elektricität nicht die geringſte Aehnlichkeit mit dem ſonſt angewandten Verfahren hat.

Galvani meinte, die elektriſchen Organe ſeien die Leiter eines im Gehirn ausgeſchiedenen Fluidums und machte Experimente darüber, von denen folgende die wichtigſten ſind: 1) Er ſchnitt der Länge nach

einen Theil des Körpers eines Zitterrochens mit einem der elektriſchen Organe ab; der Theil, an dem der noch unverletzte Kopf war, gab Schläge, der andere durchaus nicht. Ein ähnliches Experiment machte Todd. 2) Der Kopf wurde abgeſchnitten, und die 2 Organe gaben keine Schläge mehr; 3) daſſelbe fand aber nicht Statt, wenn das Herz ausgeſchnitten wurde, bis das Gehirn weggenommen worden. 4) Er wollte den Einfluß des Gehirns auf die Zuſammenziehungen kennen lernen, und nahm dieſes mit ſolchen Vorſichtsmaßregeln weg, daß die Circulation des Blutes nicht geſtört wurde; es war ihm unmöglich Erſchütterungen zu erhalten, obſchon die Muskelbewegungen noch voller Thätigkeit waren. 5) Ebenſo bemerkte er, daß das Thier der Fähigkeit ſich elektriſch zu entladen beraubt war, ſo wie man das Gehirn verletzte oder die Nerven durchſchnitt, welche ſich in den aponeurotiſchen Röhren der elektriſchen Organe verbreiten. Dieſe Verſtümmelung beraubte jedoch das Thier nicht des Lebens. Spallanzani hat dieſe Thatſache beſtätigt.

Der Zitteraal hat einen ſehr in die Länge gezogenen Körper; der Schwanz nimmt einen großen Theil der Länge ein; die Schwimmblaſe iſt nicht wie bei den andern Fiſchen in der Bauchhöhle eingeſchloſſen, ſie erſtreckt ſich im Innern des Schwanzes faſt bis an ſein Ende. Unter dieſer Blaſe befindet ſich ein aus mehren Aponeuroſen (häutigen Ausbreitungen von Muskelſehnen) zuſammengeſetzter Apparat, welche ſich auch in der Richtung der Länge des Fiſches in horizontalen, parallelen Schichten ausbreiten, ſo daß eine von der andern ungefähr 1 Millim. entfernt iſt. Dieſe Schichten werden beinahe ſenkrecht von anderen Platten von derſelben Natur durchſchnitten, woraus ſich ein breites und tiefes Netz ergibt, deſſen Zellen rhomboidal und von einer gallertartigen Subſtanz erfüllt ſind. Hunter fand, daß dieſer Apparat aus 4 Organen, zwei großen und zwei kleinen zuſammengeſetzt iſt. Die beiden erſteren liegen unter der Schwimmblaſe und den Wirbelbeinmuskeln, die beiden kleinen in der unterſten Gegend des Schwanzes. Die horizontalen Schichten ſind nicht durchaus parallel, ſie weichen in Zwiſchenräumen von ihrer Richtung ab. Dieſer Apparat wird durch ein Syſtem von Nerven, welche von dem Rückenmark ausgehen, in Thätigkeit geſetzt. Die Höhlungen des Netzgewebes empfangen die Nervenfäden von einem Nervenſtamm über der Wirbelſäule. Die elektriſchen Organe des Zitterwels breiten ſich nach Geoffroy St. Hilaire rings um den Fiſch aus. Sie liegen unmittelbar unter der Haut. Ihre Zuſammenſetzung iſt dieſelbe wie bei den zwei beſchriebenen Zitterfiſchen.

Geoffroy St. Hilaire, welcher die drei angeführten Fiſche anatomirt hat, ſchließt aus der Vergleichung derſelben Folgendes: Die Organe, welche den elektriſchen Fiſchen die Fähigkeit geben, Erſchütterungen zu bewirken, haben nicht gleiche Lage. Beim Rochen liegen ſie auf beiden Seiten des Kopfes, beim Aal unter dem Schwanze, beim Wels um den Körper. Kein Theil des Nervenſyſtems iſt ihnen ſpeciell gewidmet, denn beim Rochen ſind es die Nerven des fünften Paares, welche ſich dort vertheilen, beim Aal die Gehirnnerven und beim Wells die des 8ten Paares. Endlich iſt die Geſtalt der Zellen nicht bei jedem dieſer Fiſche dieſelbe. Trotz dieſer Verſchiedenheit haben die elek-

triſchen Organe dieſer Fiſche, welche ſich bei ähnlichen Arten nicht finden, eine gleiche Beſchaffenheit, welches anzuzeigen ſcheint, daß ſie beſtimmt ſind Functionen derſelben Natur zu verrichten*).

Zurückwerfung des Lichtes oder (lat.) Reflexion des Lichtes, heißt die Erſcheinung, nach welcher auf einen Gegenſtand fallendes Licht zum Theil zurückgeworfen wird, und die Unterſuchung der Geſetze, nach denen dieſe Zurückwerfung geſchieht, macht den Gegenſtand der Katoptrik aus. Wenn man in ein dunkles Zimmer ein Bündel Sonnenlicht LL′ (Fig. 440.) einfallen läßt**), ſo daß er einen glatten Metallſpiegel MM′ trifft; ſo beobachtet man im Allgemeinen zwei merkwürdige Erſcheinungen: 1) unterſcheidet man in einer beſtimmten Richtung ein Bündel RR′, welches vom Spiegel auszugehen ſcheint und welches auf die Körper, denen es begegnet, ein glänzendes Bild der Sonne wirft; alle Strahlen dieſes Bündels ſind regelmäßig reflectirte Strahlen; ſie ſind von deſto größerem Glanze, je beſſer polirt der Spiegel iſt; 2) bemerkt man auch an andern Punkten des dunklen Zimmers den Theil des Spiegels, auf welchen das Licht fällt, aber in bei weitem geringerem Glanze; die Strahlen ID, ID′, ID″ u. ſ. w., welche alſo nach allen Richtungen zerſtreut ſind, ſind unregelmäßig reflectirte Strahlen; ſie ſind von deſto größerem Glanze, je weniger polirt der Spiegel iſt. Man denke ſich auf der Ebene des Spiegels in I, wo der Strahl LI den Spiegel trifft, eine Senkrechte PI errichtet, welche das Einfallsloth heißt, ſo heißt der Winkel LIP, den der einfallende Strahl LI mit dem Lothe PI macht: der Einfallswinkel; der Winkel RIP, welchen der reflectirte Strahl RI mit dem Lothe PI macht: der Reflexionswinkel (Zurückwerfungswinkel); die Ebene, welche der Einfallswinkel bezeichnet: die Einfallsebene; die Ebene, welche der Reflexionswinkel bezeichnet: die Reflexionsebene. Die Geſetze der regelmäßigen Zurückwerfung ſind nun folgende:

1. Die Reflexionsebene fällt mit der Einfallsebene zuſammen, oder, was daſſelbe: der reflectirte Strahl fällt in die Einfallsebene;

2. Der Reflexionswinkel iſt gleich dem Einfalls-

---

*) Becquerel, welcher eine elektriſche Theorie der Muskelzuſammenziehungen gibt, ſagt: Der Unterſchied, welcher zwiſchen den elektriſchen Fiſchen und den andern Thieren beſteht, iſt der, daß bei jenen die Natur eigene Organe angebracht hat, um die Elektricität zu verdichten, welche von dem Gehirne ſich ergießt, um ihre Spannung ſo zu vermehren, daß eine Angriffswaffe entſteht, während bei den andern Thieren dieſelbe Elektricität nur die Spannung hat, welche nöthig iſt, um die natürlichen Zuſammenziehungen zu bewirken, und die verſchiedenen Functionen zu vollbringen, welche zu erfüllen ihr obliegen.

**) Z. B. durch eine Oeffnung im Laden.

winkel und liegt auf der anderen Seite des Einfalls-lothes.

Dieſe beiden Grundgeſetze können durch Einen Verſuch nachgewieſen werden, welchen die Aſtronomen ſehr oft Gelegenheit haben zu wiederholen und zwar mit ſehr genauen Inſtrumenten. Um den Mittelpunkt C (Fig. 443.) eines großen verticalen Kreiſes VV′ bewegt ſich ein Fernrohr OL, mit dem man die Sterne beobachtet. Zuerſt macht man eine Beobachtung mit dem direkten Lichte ED, darauf eine zweite mit dem Lichte E′IR, welches auf der ruhigen Oberfläche eines mit Queckſilber gefüllten Gefäßes reflectirt wird, und man findet beſtändig, daß der Winkel DCP gleich dem Winkel PCO′ iſt. Da nun aber die Senkrechten CP und P′I, ſo wie die Strahlen ED und E′I, welche von demſelben Sterne kommen*), parallel ſind, ſo iſt klar, daß der Winkel DCP dem Winkel E′IP′, und der Winkel PCO′ dem Winkel P′IR gleich iſt, und mithin, daß auch E′IP′ = P′IR iſt, und eben ſo, daß die Einfallsebene E′IP′ mit der Reflexionsebene P′IR zuſammenfällt. Statt eines am Kreiſe angebrachten Fernrohrs kann man ſich auch einer einfachen geraden Röhre oder einer Alhidade bedienen deren Dioptern zwei Löcher haben, und die ſo angebracht iſt, daß die Linie zwiſchen beiden Oeffnungen der Ebene des Kreiſes genau parallel iſt.

Noch einfacher laſſen ſich die angegebenen Geſetze mittels des Fig. 439. abgebildeten Apparates erproben. AB iſt eine mit Stellſchrauben verſehene Metallplatte, in deren Mitte ein Planſpiegel C eingelaſſen iſt, und über welcher ſich ſenkrecht auf ſie ein getheilter Kreisbogen erhebt, der 180° hält. Vom oberſten Punkte O dieſes Bogens hängt ein Loth D mit einer feinen Spitze herab und zeigt auf einen Punkt des Spiegels. Zu beiden Seiten des Lothes laſſen ſich an dieſem Bogen Dioptern E und F mit feinen Ausſchnitten verſchieben. Stellt man die Platte AB und dadurch zugleich auch den Spiegel C horizontal und bringt die Diopter F auf einen Theilſtrich des Bogens, die Diopter E auf einen andern vom Mittelpunkte O der Theilung eben ſo weit abſtehenden, ſo ſieht das hinter E befindliche Auge an der Stelle des Spiegels, wohin die Spitze des Lothes D weiſt, die Oeffnung der Diopter F, die Größe des Bogens OF mag übrigens welche immer ſein. Es muß daher der durch die Oeffnung der Diopter F nach dem vom Loth bezeichneten Punkt des Spiegels hinfahrende Strahl FC durch Reflexion die Richtung CE bekommen.

Die beiden angegebenen Geſetze haben völlige Allgemeinheit und es gibt keine Ausnahme derſelben; ſie gelten für das natürliche Licht, welches von den Geſtirnen kommt, wie für das künſtliche, welches durch

---

*) Wäre der Stern in einer endlichen Entfernung, ſo würde EC und E′I nicht parallel ſein, ſich aber um ſo mehr der Parallelität nähern, je weiter die Lichtquelle ſich entfernt, wenn dieſe alſo nun eine gegen alle meßbaren Entfernungen unendliche iſt, wie dieſes bei Fixſternen der Fall, ſo werden in der That E′I und EC parallel werden.

Verbrennung, chemiſche Prozeſſe, Phosphorescenz, Elektricität ꝛc. erzeugt wird. Sie gelten für direktes Licht, wie für das zerſtreute Licht, welches uns die Körper und ihre verſchiedenen Farben zeigt. Sie ſind endlich unabhängig von der Natur der Subſtanzen, auf welche das Licht fällt, denn ſie treten mit derſelben Genauigkeit bei Metallen, Edelſteinen, feſten Körpern und Flüſſigkeiten, mit einem Worte bei allen reflectirenden Oberflächen auf, aus welcher Materie ſie auch beſtehen mögen. Auf dieſen Principien beruhen die merkwürdigen Erſcheinungen der Spiegel (ſ. d. Art.).

Wenn es reflectirende Ebenen gäbe, welche vollkommen glatt wären, ſo würden dieſelben alles auf ſie fallende Licht ohne Zerſtreuung regelmäßig reflectiren. Das Auge würde ſie demzufolge weder zu unterſcheiden noch auch nur eine Ahnung ihrer Exiſtenz ſich zu verſchaffen vermögen; denn die Körper werden aus der Entfernung nur durch die an ihrer Oberfläche unregelmäßig reflectirten Strahlen wahrgenommen, und alle regelmäßig reflectirten Strahlen zeigen die leuchtenden Punkte, von denen ſie ausgegangen ſind, und nicht diejenigen Körper, von denen ſie zurückgeworfen werden. Wenn die Kugel des Mondes z. B. ſo glatt wie ein Queckſilbertropfen wäre, ſo würden wir nicht ſie erblicken, wenn wir das Auge nach ihr richteten, ſondern nur das Bild der ſie erleuchtenden Sonne.

In demſelben vollkommen homogenen Mittel kann ſich das Licht unbeſtimmt bewegen, ohne die geringſte regelmäßige Reflexion zu erfahren. So oft ſich aber ein Uebergang von einem Mittel in ein anderes darbietet, findet an der Trennungsfläche beider Mittel eine mehr oder weniger reichliche regelmäßige Zurückwerfung ſtatt. Ein ſolcher Uebergang findet aber nicht nur da ſtatt, wo zwei ſpecifiſch verſchiedene Körper ſich begrenzen, ſondern jede beſondere Modificatian der Beſtandtheilchen, welche einen Theil eines Körpers allein trifft, macht dieſen Theil zu einem andern optiſchen Mittel als die andern Theile deſſelben Körpers.

Die genau geſetzmäßige Beſtimmtheit, von welcher bisher geſprochen, bezieht ſich nur auf die Richtung, nicht auf die Intenſität (Lichtſtärke) des reflectirten Lichtes. Ueber dieſen ſchwierigen Punkt (von welchem genauer im Art. Polariſation die Rede iſt) wiſſen wir nur: 1) daß die Quantität des regelmäßig reflectirten Lichtes zunimmt mit dem Einfallswinkel, ohne jedoch jedesmal = 0 zu werden, wenn dieſer Winkel = 0 iſt; 2) daß ſie abhängt von dem Mittel, in welchem das Licht ſich bewegt, und von dem Mittel auf welches daſſelbe fällt; 3) daß ſie für Körper von verſchiedener natürlicher Beſchaffenheit, welche unter denſelben Bedingungen ſich befinden, ſehr verſchieden iſt. Einige Beiſpiele werden dieſe allgemeinen Reſultate der Beobachtung verſtändlicher machen. Wenn man die Flamme einer Wachskerze durch Reflexion auf einem Stück mattgeſchliffenen Glaſes betrachtet, ſo kann man ihr Bild nicht mehr unterſcheiden, wenn der Einfallswinkel ſehr klein iſt, aber man unterſcheidet daſſelbe ſehr wohl, wenn jener Winkel hinlänglich groß wird. Man kann das Bild in dieſem Falle ſelbſt auf einem Stücke Holz, oder Stoff, ja ſogar auf einem mit Rauch ge=

ſchwärzten Papier erkennen. Dieſe Verſuche beweiſen zugleich, daß auch die ſcheinbar gar kein Licht zurückwerfenden Körper dennoch einen Theil des auf ſie fallenden Lichtes regelmäßig reflectiren, und zwar um ſo mehr, je bedeutender die Schiefe der Strahlen iſt. — Stücke polirten Glaſes ſind kaum ſichtbar, wenn man ſie in Waſſer oder Oel eintaucht, und geben in dieſem Falle durch Reflexion nur ſehr dunkle Bilder der Gegenſtände, weil die Oberfläche des Glaſes in Berührung mit dieſen Flüſſigkeiten weniger Licht reflectirt, als in Berührung mit der Luft. — Stellt man parallel nebeneinander flüſſige Oberflächen und Subſtanzen, welche gleich gut geglättet ſind, ſo unterſcheidet man eine große Verſchiedenheit in dem Glanze der Bilder, welche ſie unter demſelben Einfallswinkel reflectiren; das Queckſilber und der Stahl z. B. geben bei weitem glänzendere Bilder als das Waſſer, der Weingeiſt und das Glas.

Zuſammentreffen der Lichtſtrahlen, das, iſt mit eigenthümlichen Einwirkungen derſelben auf einander verbunden, welche erſt in neuerer Zeit näher beobachtet und erforſcht und als **Interferenz** des Lichtes bezeichnet worden ſind. Um das Phänomen, um das es ſich handelt, wahrzunehmen, kann man ſich am beſten entweder eines ſehr flachen dreiſeitigen Glasprismas, oder zweier wenig gegen einander geneigter Planſpiegel bedienen. Iſt M (Fig. 450.) das angegebene Prisma, auf welches von dem Punkte S ausfahrende Strahlen Sa, Sb, Sc, Sd fallen, ſo bewirkt daſſelbe, daß die Strahlen hinter dem Prisma bei g, f u. ſ. w. ſich ſchneiden. Fallen von S aus Lichtſtrahlen auf die Spiegelplatten N und M, ſo iſt die Wirkung der letztern dieſelbe, als ob die Lichtſtrahlen von a und b ausgingen, und die Strahlen ſchneiden ſich daher, wie Fig. 451 zeigt. Man ſoll ſich nach **Powel** zweier aus einer Tafel geſchnittenen Spiegelglasſtücken bedienen, an denen eine Kante glatt geſchliffen iſt. Beide Platten legt man mit den glatten Kanten aneinander auf einen ebenen Tiſch und gibt ihnen die paſſende Neigung gegen einander, indem man die eine Platte durch einen dünnen Keil etwas hebt. Man kann ſich auch einer dünnen Glas- oder Glimmerplatte bedienen, auf welche man parallele Strahlen in ſchiefer Richtung fallen läßt, damit die an der vorderen Fläche zurückgeworfenen Strahlen mit den an der Hinterfläche zurückgeworfenen zuſammenfallen. Den leuchtenden Punkt S (in einem dunklen Zimmer) erhält man durch eine runde oder beſſer eine lange ſchmale Oeffnung, auf welche man Sonnen- oder Kerzenlicht mittels eines Helioſtaten (ſ. d. Art.) lenkt. Das Licht wird überdieß noch durch eine Sammellinſe zu einem Punkte oder durch ein cylindriſches Glas zu einer Lichtlinie concentrirt, und durch das Prisma oder die Spiegelplatten in angegebener Weiſe aufgefangen. Betrachtet man nun die Durchſchnittspunkte der Strahlen durch eine Sammellinſe, ſo erblickt man eine Reihe unter einander paralleler, heller und dunkler Streifen von den lebhafteſten Farben, von denen der mittlere hell iſt, und welche auf der die beiden Bilder des angegebenen Punktes verbindenden Linie ſenkrecht ſtehen. Stellt man den Verſuch mit einem ebenen Plättchen an, ſo ſieht man die Streifen ohne Linſe, verſchieden nach der Neigung der einfallenden Strahlen. Wenn ein Theil der ſich interferirenden Strahlen vor dem Zuſammentreffen durch ein anderes Mittel geht, als der

Reſt derſelben, ſo findet eine Verſchiebung der Lichtſtreifen ſtatt. Je ſtumpfer der Neigungswinkel der beiden Spiegelflächen oder je flacher das Prisma iſt, deſto mehr entfalten ſich die Farbenſtreifen, verlieren aber zugleich an Intenſität. Die paſſendſte Neigung findet man nur durch Verſuche. Ueberſichtlicher wird die Erſcheinung, wenn man ſich gleichartigen Lichtes bedient oder w. d., die Streifen durch ein farbiges Glas betrachtet. Dann ſieht man zwiſchen den leuchtenden Sreifen dunkle Zwiſchenräume. Berechnet man die Richtungen und Längen der von den Strahlen, welche an der Stelle der Streifen ſich ſchneiden, zurückgelegten Wege, ſo kommt man zu folgenden das Prinzip der Interferenz ausdrückenden Reſultaten: 1) der leuchtende Streifen mitten zwiſchen beiden Bildern entſteht aus Strahlen, die vom leuchtenden Punkte bis zum Durchſchnittspunkte gleiche Wege zurückgelegt haben. 2) Die erſten zwei leuchtenden Streifen, links oder rechts gegen den mittleren werden von Strahlen gebildet, deren Unterſchied der Wege derſelbe, = d, iſt. 3) Die zweiten Streifen rechts und links vom Winkel entſtehn durch Strahlen, deren Differenz der Wege = 2d. 4) Bei allen farbigen Streifen ſind im Allgemeinen die Differenzen der Wege: o, d, 2d, 3d, ... 5) Bei allen dunklen Streifen ſind die Differenzen der Wege: $\frac{1}{2}$d, $\frac{3}{2}$d .... 6) der abſolute Werth von d iſt für verſchiedenartige Strahlen verſchieden, für Roth an größten und für Violet an kleinſten. Fraunhofer (bei ſeinen Verſuchen über Beugung, ſ. d. A.) hat folgende Werthe gefunden: d iſt für roth = 0,00002422 Par. Zoll; orange = 0,00002175; grün = 0,00001945; blau = 0,00001794; dunkelblau = 0,00001587; violet = 0,00001464. 7) die Größe der Verrückung durch Einſchieben eines heterogenen Mittels richtet ſich nach dem Verhältniß zwiſchen den Brechungsexponenten der Mittel. 8) das Reſultat der Interferenz von Strahlen, deren einige von einem mehr brechenden Mittel in ein minder brechendes reflectirt werden, während bei den anderen das Gegentheil ſtattfindet, iſt jenen der Strahlen, die insgeſammt von einem mehr brechenden in ein minder brechendes Mittel kommen oder umgekehrt gehen, gerade entgegengeſetzt, und es erſcheint demnach alles dunkel, wenn die Differenz der Wege o, d, 2d ꝛc.; hingegen licht, wenn die Differenz $\frac{1}{2}$d, $\frac{3}{2}$d, $\frac{5}{2}$d ꝛc. iſt. Hieraus erklären ſich nun die Farbenerſcheinungen bei weißem Licht; wo nämlich beim einfarbigen Lichte Dunkelheit ſtattfindet, wird beim weißen Lichte nur eine Farbe weggenommen und die Miſchfarbe der übrigen Farben tritt auf Farbe. (Vergl. d. Art.) Die Interferenzerſcheinungen würden noch viel häufiger wahrgenommen werden, wenn nicht Bedingung wäre, daß die Strahlen von ganz gleichartigen Lichtquellen kommen, und der Unterſchied ihrer Wege ſehr klein ſein muß. Man hat aber aus der Interferenz namentlich die Farben dünner Plättchen, die Anwandlungen, die Beugungserſcheinungen (ſ. d. beſ. Art.) durch ſtreng mathematiſche Behandlung auf das vollſtändigſte und überraſchendſte erklärt.

Ende des vierten und letzten Bandes.

Reſt derſelben, ſo findet eine Verſchiebung der Lichtſtreifen ſtatt. Je ſtumpfer der Neigungswinkel der beiden Spiegelflächen oder je flacher das Prisma iſt, deſto mehr entfalten ſich die Farbenſtreifen, verlieren aber zugleich an Intenſität. Die paſſendſte Neigung findet man nur durch Verſuche. Ueberſichtlicher wird die Erſcheinung, wenn man ſich gleichartigen Lichtes bedient oder w. d., die Streifen durch ein farbiges Glas betrachtet. Dann ſieht man zwiſchen den leuchtenden Sreifen dunkle Zwiſchenräume. Berechnet man die Richtungen und Längen der von den Strahlen, welche an der Stelle der Streifen ſich ſchneiden, zurückgelegten Wege, ſo kommt man zu folgenden das Prinzip der Interferenz aus drückenden Reſultaten: 1) der leuchtende Streifen mitten zwiſchen beiden Bildern entſteht aus Strahlen, die vom leuchtenden Punkte bis zum Durchſchnittspunkte gleiche Wege zurückgelegt haben. 2) Die erſten zwei leuchtenden Streifen, links oder rechts gegen den mittleren werden von Strahlen gebildet, deren Unterſchied der Wege derſelbe, = d, iſt. 3) Die zweiten Streifen rechts und links vom Winkel entſtehn durch Strahlen, deren Differenz der Wege = 2d. 4) Bei allen farbigen Streifen ſind im Allgemeinen die Differenzen der Wege: o, d, 2d, 3d, ... 5) Bei allen dunklen Streifen ſind die Differenzen der Wege: $\frac{1}{2}$d, $\frac{3}{2}$d .... 6) der abſolute Werth von d iſt für verſchiedenartige Strahlen verſchieden, für Roth an größten und für Violet an kleinſten. Fraunhofer (bei ſeinen Verſuchen über Beugung, ſ. d. A.) hat folgende Werthe gefunden: d iſt für roth = 0,00002422 Par. Zoll; orange = 0,00002175; grün = 0,00001945; blau = 0,00001794; dunkelblau = 0,00001587; violet = 0,00001464. 7) die Größe der Verrückung durch Einſchieben eines heterogenen Mittels richtet ſich nach dem Verhältniß zwiſchen den Brechungsexponenten der Mittel. 8) das Reſultat der Interferenz von Strahlen, deren einige von einem mehr brechenden Mittel in ein minder brechendes reflectirt werden, während bei den anderen das Gegentheil ſtattfindet, iſt jenen der Strahlen, die insgeſammt von einem mehr brechenden in ein minder brechendes Mittel kommen oder umgekehrt gehen, gerade entgegengeſetzt, und es erſcheint demnach alles dunkel, wenn die Differenz der Wege o, d, 2d ꝛc.; hingegen licht, wenn die Differenz $\frac{1}{2}$d, $\frac{3}{2}$d, $\frac{5}{2}$d ꝛc. iſt. Hieraus erklären ſich nun die Farbenerſcheinungen bei weißem Licht; wo nämlich beim einfarbigen Lichte Dunkelheit ſtattfindet, wird beim weißen Lichte nur eine Farbe weggenommen und die Miſchfarbe der übrigen Farben tritt auf Farbe. (Vergl. d. Art.) Die Interferenzerſcheinungen würden noch viel häufiger wahrgenommen werden, wenn nicht Bedingung wäre, daß die Strahlen von ganz gleichartigen Lichtquellen kommen, und der Unterſchied ihrer Wege ſehr klein ſein muß. Man hat aber aus der Interferenz namentlich die Farben dünner Plättchen, die Anwandlungen, die Beugungserſcheinungen (ſ. d. beſ. Art.) durch ſtreng mathematiſche Behandlung auf das vollſtändigſte und überraſchendſte erklärt.

Ende des vierten und letzten Bandes.

Reſt derſelben, ſo findet eine Verſchiebung der Lichtſtreifen ſtatt. Je ſtumpfer der Neigungswinkel der beiden Spiegelflächen oder je flacher das Prisma iſt, deſto mehr entfalten ſich die Farbenſtreifen, verlieren aber zugleich an Intenſität. Die paſſendſte Neigung findet man nur durch Verſuche. Ueberſichtlicher wird die Erſcheinung, wenn man ſich gleichartigen Lichtes bedient oder w. d., die Streifen durch ein farbiges Glas betrachtet. Dann ſieht man zwiſchen den leuchtenden Sreifen dunkle Zwiſchenräume. Berechnet man die Richtungen und Längen der von den Strahlen, welche an der Stelle der Streifen ſich ſchneiden, zurückgelegten Wege, ſo kommt man zu folgenden das Prinzip der Interferenz aus drückenden Reſultaten: 1) der leuchtende Streifen mitten zwiſchen beiden Bildern entſteht aus Strahlen, die vom leuchtenden Punkte bis zum Durchſchnittspunkte gleiche Wege zurückgelegt haben. 2) Die erſten zwei leuchtenden Streifen, links oder rechts gegen den mittleren werden von Strahlen gebildet, deren Unterſchied der Wege derſelbe, $= d$, iſt. 3) Die zweiten Streifen rechts und links vom Winkel entſtehn durch Strahlen, deren Differenz der Wege $= 2d$. 4) Bei allen farbigen Streifen ſind im Allgemeinen die Differenzen der Wege: o, d, 2d, 3d, ... 5) Bei allen dunklen Streifen ſind die Differenzen der Wege: $\frac{1}{2}d$, $\frac{3}{2}d$ .... 6) der abſolute Werth von d iſt für verſchiedenartige Strahlen verſchieden, für Roth an größten und für Violet an kleinſten. Fraunhofer (bei ſeinen Verſuchen über Beugung, ſ. d. A.) hat folgende Werthe gefunden: d iſt für roth = 0,00002422 Par. Zoll; orange = 0,00002175; grün = 0,00001945; blau = 0,00001794; dunkelblau = 0,00001587; violet = 0,00001464. 7) die Größe der Verrückung durch Einſchieben eines heterogenen Mittels richtet ſich nach dem Verhältniß zwiſchen den Brechungsexponenten der Mittel. 8) das Reſultat der Interferenz von Strahlen, deren einige von einem mehr brechenden Mittel in ein minder brechendes reflectirt werden, während bei den anderen das Gegentheil ſtattfindet, iſt jenen der Strahlen, die insgeſammt von einem mehr brechenden in ein minder brechendes Mittel kommen oder umgekehrt gehen, gerade entgegengeſetzt, und es erſcheint demnach alles dunkel, wenn die Differenz der Wege o, d, 2d ꝛc.; hingegen licht, wenn die Differenz $\frac{1}{2}d$, $\frac{3}{2}d$, $\frac{5}{2}d$ ꝛc. iſt. Hieraus erklären ſich nun die Farbenerſcheinungen bei weißem Licht; wo nämlich beim einfarbigen Lichte Dunkelheit ſtattfindet, wird beim weißen Lichte nur eine Farbe weggenommen und die Miſchfarbe der übrigen Farben tritt auf Farbe. (Vergl. d. Art.) Die Interferenzerſcheinungen würden noch viel häufiger wahrgenommen werden, wenn nicht Bedingung wäre, daß die Strahlen von ganz gleichartigen Lichtquellen kommen, und der Unterſchied ihrer Wege ſehr klein ſein muß. Man hat aber aus der Interferenz namentlich die Farben dünner Plättchen, die Anwandlungen, die Beugungserſcheinungen (ſ. d. beſ. Art.) durch ſtreng mathematiſche Behandlung auf das vollſtändigſte und überraſchendſte erklärt.

Ende des vierten und letzten Bandes.

Reſt derſelben, ſo findet eine Verſchiebung der Lichtſtreifen ſtatt. Je ſtumpfer der Neigungswinkel der beiden Spiegelflächen oder je flacher das Prisma iſt, deſto mehr entfalten ſich die Farbenſtreifen, verlieren aber zugleich an Intenſität. Die paſſendſte Neigung findet man nur durch Verſuche. Ueberſichtlicher wird die Erſcheinung, wenn man ſich gleichartigen Lichtes bedient oder w. d., die Streifen durch ein farbiges Glas betrachtet. Dann ſieht man zwiſchen den leuchtenden Sreifen dunkle Zwiſchenräume. Berechnet man die Richtungen und Längen der von den Strahlen, welche an der Stelle der Streifen ſich ſchneiden, zurückgelegten Wege, ſo kommt man zu folgenden das Prinzip der Interferenz ausdrückenden Reſultaten: 1) der leuchtende Streifen mitten zwiſchen beiden Bildern entſteht aus Strahlen, die vom leuchtenden Punkte bis zum Durchſchnittspunkte gleiche Wege zurückgelegt haben. 2) Die erſten zwei leuchtenden Streifen, links oder rechts gegen den mittleren werden von Strahlen gebildet, deren Unterſchied der Wege derſelbe, = d, iſt. 3) Die zweiten Streifen rechts und links vom Winkel entſtehn durch Strahlen, deren Differenz der Wege = 2d. 4) Bei allen farbigen Streifen ſind im Allgemeinen die Differenzen der Wege: o, d, 2d, 3d, ... 5) Bei allen dunklen Streifen ſind die Differenzen der Wege: $\frac{1}{2}$d, $\frac{3}{2}$d .... 6) der abſolute Werth von d iſt für verſchiedenartige Strahlen verſchieden, für Roth an größten und für Violet an kleinſten. Fraunhofer (bei ſeinen Verſuchen über Beugung, ſ. d. A.) hat folgende Werthe gefunden: d iſt für roth = 0,00002422 Par. Zoll; orange = 0,00002175; grün = 0,00001945; blau = 0,00001794; dunkelblau = 0,00001587; violet = 0,00001464. 7) die Größe der Verrückung durch Einſchieben eines heterogenen Mittels richtet ſich nach dem Verhältniß zwiſchen den Brechungsexponenten der Mittel. 8) das Reſultat der Interferenz von Strahlen, deren einige von einem mehr brechenden Mittel in ein minder brechendes reflectirt werden, während bei den anderen das Gegentheil ſtattfindet, iſt jenen der Strahlen, die insgeſammt von einem mehr brechenden in ein minder brechendes Mittel kommen oder umgekehrt gehen, gerade entgegengeſetzt, und es erſcheint demnach alles dunkel, wenn die Differenz der Wege o, d, 2d ꝛc.; hingegen licht, wenn die Differenz $\frac{1}{2}$d, $\frac{3}{2}$d, $\frac{5}{2}$d ꝛc. iſt. Hieraus erklären ſich nun die Farbenerſcheinungen bei weißem Licht; wo nämlich beim einfarbigen Lichte Dunkelheit ſtattfindet, wird beim weißen Lichte nur eine Farbe weggenommen und die Miſchfarbe der übrigen Farben tritt auf Farbe. (Vergl. d. Art.) Die Interferenzerſcheinungen würden noch viel häufiger wahrgenommen werden, wenn nicht Bedingung wäre, daß die Strahlen von ganz gleichartigen Lichtquellen kommen, und der Unterſchied ihrer Wege ſehr klein ſein muß. Man hat aber aus der Interferenz namentlich die Farben dünner Plättchen, die Anwandlungen, die Beugungserſcheinungen (ſ. d. beſ. Art.) durch ſtreng mathematiſche Behandlung auf das vollſtändigſte und überraſchendſte erklärt.

Ende des vierten und letzten Bandes.

Reſt derſelben, ſo findet eine Verſchiebung der Lichtſtreifen ſtatt. Je ſtumpfer der Neigungswinkel der beiden Spiegelflächen oder je flacher das Prisma iſt, deſto mehr entfalten ſich die Farbenſtreifen, verlieren aber zugleich an Intenſität. Die paſſendſte Neigung findet man nur durch Verſuche. Ueberſichtlicher wird die Erſcheinung, wenn man ſich gleichartigen Lichtes bedient oder w. d., die Streifen durch ein farbiges Glas betrachtet. Dann ſieht man zwiſchen den leuchtenden Sreifen dunkle Zwiſchenräume. Berechnet man die Richtungen und Längen der von den Strahlen, welche an der Stelle der Streifen ſich ſchneiden, zurückgelegten Wege, ſo kommt man zu folgenden das Prinzip der Interferenz aus drückenden Reſultaten: 1) der leuchtende Streifen mitten zwiſchen beiden Bildern entſteht aus Strahlen, die vom leuchtenden Punkte bis zum Durchſchnittspunkte gleiche Wege zurückgelegt haben. 2) Die erſten zwei leuchtenden Streifen, links oder rechts gegen den mittleren werden von Strahlen gebildet, deren Unterſchied der Wege derſelbe, = d, iſt. 3) Die zweiten Streifen rechts und links vom Winkel entſtehn durch Strahlen, deren Differenz der Wege = 2d. 4) Bei allen farbigen Streifen ſind im Allgemeinen die Differenzen der Wege: o, d, 2d, 3d, ... 5) Bei allen dunklen Streifen ſind die Differenzen der Wege: $\frac{1}{2}$d, $\frac{3}{2}$d .... 6) der abſolute Werth von d iſt für verſchiedenartige Strahlen verſchieden, für Roth an größten und für Violet an kleinſten. Fraunhofer (bei ſeinen Verſuchen über Beugung, ſ. d. A.) hat folgende Werthe gefunden: d iſt für roth = 0,00002422 Par. Zoll; orange = 0,00002175; grün = 0,00001945; blau = 0,00001794; dunkelblau = 0,00001587; violet = 0,00001464. 7) die Größe der Verrückung durch Einſchieben eines heterogenen Mittels richtet ſich nach dem Verhältniß zwiſchen den Brechungsexponenten der Mittel. 8) das Reſultat der Interferenz von Strahlen, deren einige von einem mehr brechenden Mittel in ein minder brechendes reflectirt werden, während bei den anderen das Gegentheil ſtattfindet, iſt jenen der Strahlen, die insgeſammt von einem mehr brechenden in ein minder brechendes Mittel kommen oder umgekehrt gehen, gerade entgegengeſetzt, und es erſcheint demnach alles dunkel, wenn die Differenz der Wege o, d, 2d ꝛc.; hingegen licht, wenn die Differenz $\frac{1}{2}$d, $\frac{3}{2}$d, $\frac{5}{2}$d ꝛc. iſt. Hieraus erklären ſich nun die Farbenerſcheinungen bei weißem Licht; wo nämlich beim einfarbigen Lichte Dunkelheit ſtattfindet, wird beim weißen Lichte nur eine Farbe weggenommen und die Miſchfarbe der übrigen Farben tritt auf Farbe. (Vergl. d. Art.) Die Interferenzerſcheinungen würden noch viel häufiger wahrgenommen werden, wenn nicht Bedingung wäre, daß die Strahlen von ganz gleichartigen Lichtquellen kommen, und der Unterſchied ihrer Wege ſehr klein ſein muß. Man hat aber aus der Interferenz namentlich die Farben dünner Plättchen, die Anwandlungen, die Beugungserſcheinungen (ſ. d. beſ. Art.) durch ſtreng mathematiſche Behandlung auf das vollſtändigſte und überraſchendſte erklärt.

Ende des vierten und letzten Bandes.

Reſt derſelben, ſo findet eine Verſchiebung der Lichtſtreifen ſtatt. Je ſtumpfer der Neigungswinkel der beiden Spiegelflächen oder je flacher das Prisma iſt, deſto mehr entfalten ſich die Farbenſtreifen, verlieren aber zugleich an Intenſität. Die paſſendſte Neigung findet man nur durch Verſuche. Ueberſichtlicher wird die Erſcheinung, wenn man ſich gleichartigen Lichtes bedient oder w. d., die Streifen durch ein farbiges Glas betrachtet. Dann ſieht man zwiſchen den leuchtenden Sreifen dunkle Zwiſchenräume. Berechnet man die Richtungen und Längen der von den Strahlen, welche an der Stelle der Streifen ſich ſchneiden, zurückgelegten Wege, ſo kommt man zu folgenden das Prinzip der Interferenz ausdrückenden Reſultaten: 1) der leuchtende Streifen mitten zwiſchen beiden Bildern entſteht aus Strahlen, die vom leuchtenden Punkte bis zum Durchſchnittspunkte gleiche Wege zurückgelegt haben. 2) Die erſten zwei leuchtenden Streifen, links oder rechts gegen den mittleren werden von Strahlen gebildet, deren Unterſchied der Wege derſelbe, = d, iſt. 3) Die zweiten Streifen rechts und links vom Winkel entſtehn durch Strahlen, deren Differenz der Wege = 2d. 4) Bei allen farbigen Streifen ſind im Allgemeinen die Differenzen der Wege: o, d, 2d, 3d, ... 5) Bei allen dunklen Streifen ſind die Differenzen der Wege: $\frac{1}{2}$d, $\frac{3}{2}$d .... 6) der abſolute Werth von d iſt für verſchiedenartige Strahlen verſchieden, für Roth an größten und für Violet an kleinſten. Fraunhofer (bei ſeinen Verſuchen über Beugung, ſ. d. A.) hat folgende Werthe gefunden: d iſt für roth = 0,00002422 Par. Zoll; orange = 0,00002175; grün = 0,00001945; blau = 0,00001794; dunkelblau = 0,00001587; violet = 0,00001464. 7) die Größe der Verrückung durch Einſchieben eines heterogenen Mittels richtet ſich nach dem Verhältniß zwiſchen den Brechungsexponenten der Mittel. 8) das Reſultat der Interferenz von Strahlen, deren einige von einem mehr brechenden Mittel in ein minder brechendes reflectirt werden, während bei den anderen das Gegentheil ſtattfindet, iſt jenen der Strahlen, die insgeſammt von einem mehr brechenden in ein minder brechendes Mittel kommen oder umgekehrt gehen, gerade entgegengeſetzt, und es erſcheint demnach alles dunkel, wenn die Differenz der Wege o, d, 2d ꝛc.; hingegen licht, wenn die Differenz $\frac{1}{2}$d, $\frac{3}{2}$d, $\frac{5}{2}$d ꝛc. iſt. Hieraus erklären ſich nun die Farbenerſcheinungen bei weißem Licht; wo nämlich beim einfarbigen Lichte Dunkelheit ſtattfindet, wird beim weißen Lichte nur eine Farbe weggenommen und die Miſchfarbe der übrigen Farben tritt auf Farbe. (Vergl. d. Art.) Die Interferenzerſcheinungen würden noch viel häufiger wahrgenommen werden, wenn nicht Bedingung wäre, daß die Strahlen von ganz gleichartigen Lichtquellen kommen, und der Unterſchied ihrer Wege ſehr klein ſein muß. Man hat aber aus der Interferenz namentlich die Farben dünner Plättchen, die Anwandlungen, die Beugungserſcheinungen (ſ. d. beſ. Art.) durch ſtreng mathematiſche Behandlung auf das vollſtändigſte und überraſchendſte erklärt.

Ende des vierten und letzten Bandes.

Reſt derſelben, ſo findet eine Verſchiebung der Lichtſtreifen ſtatt. Je ſtumpfer der Neigungswinkel der beiden Spiegelflächen oder je flacher das Prisma iſt, deſto mehr entfalten ſich die Farbenſtreifen, verlieren aber zugleich an Intenſität. Die paſſendſte Neigung findet man nur durch Verſuche. Ueberſichtlicher wird die Erſcheinung, wenn man ſich gleichartigen Lichtes bedient oder w. d., die Streifen durch ein farbiges Glas betrachtet. Dann ſieht man zwiſchen den leuchtenden Sreifen dunkle Zwiſchenräume. Berechnet man die Richtungen und Längen der von den Strahlen, welche an der Stelle der Streifen ſich ſchneiden, zurückgelegten Wege, ſo kommt man zu folgenden das Prinzip der Interferenz aus drückenden Reſultaten: 1) der leuchtende Streifen mitten zwiſchen beiden Bildern entſteht aus Strahlen, die vom leuchtenden Punkte bis zum Durchſchnittspunkte gleiche Wege zurückgelegt haben. 2) Die erſten zwei leuchtenden Streifen, links oder rechts gegen den mittleren werden von Strahlen gebildet, deren Unterſchied der Wege derſelbe, $= d$, iſt. 3) Die zweiten Streifen rechts und links vom Winkel entſtehn durch Strahlen, deren Differenz der Wege $= 2d$. 4) Bei allen farbigen Streifen ſind im Allgemeinen die Differenzen der Wege: o, d, 2d, 3d, ... 5) Bei allen dunklen Streifen ſind die Differenzen der Wege: $\frac{1}{2}d$, $\frac{3}{2}d$ .... 6) der abſolute Werth von d iſt für verſchiedenartige Strahlen verſchieden, für Roth an größten und für Violet an kleinſten. Fraunhofer (bei ſeinen Verſuchen über Beugung, ſ. d. A.) hat folgende Werthe gefunden: d iſt für roth = 0,00002422 Par. Zoll; orange = 0,00002175; grün = 0,00001945; blau = 0,00001794; dunkelblau = 0,00001587; violet = 0,00001464. 7) die Größe der Verrückung durch Einſchieben eines heterogenen Mittels richtet ſich nach dem Verhältniß zwiſchen den Brechungsexponenten der Mittel. 8) das Reſultat der Interferenz von Strahlen, deren einige von einem mehr brechenden Mittel in ein minder brechendes reflectirt werden, während bei den anderen das Gegentheil ſtattfindet, iſt jenen der Strahlen, die insgeſammt von einem mehr brechenden in ein minder brechendes Mittel kommen oder umgekehrt gehen, gerade entgegengeſetzt, und es erſcheint demnach alles dunkel, wenn die Differenz der Wege o, d, 2d ꝛc.; hingegen licht, wenn die Differenz $\frac{1}{2}d$, $\frac{3}{2}d$, $\frac{5}{2}d$ ꝛc. iſt. Hieraus erklären ſich nun die Farbenerſcheinungen bei weißem Licht; wo nämlich beim einfarbigen Lichte Dunkelheit ſtattfindet, wird beim weißen Lichte nur eine Farbe weggenommen und die Miſchfarbe der übrigen Farben tritt auf Farbe. (Vergl. d. Art.) Die Interferenzerſcheinungen würden noch viel häufiger wahrgenommen werden, wenn nicht Bedingung wäre, daß die Strahlen von ganz gleichartigen Lichtquellen kommen, und der Unterſchied ihrer Wege ſehr klein ſein muß. Man hat aber aus der Interferenz namentlich die Farben dünner Plättchen, die Anwandlungen, die Beugungserſcheinungen (ſ. d. beſ. Art.) durch ſtreng mathematiſche Behandlung auf das vollſtändigſte und überraſchendſte erklärt.

Ende des vierten und letzten Bandes.

Reſt derſelben, ſo findet eine Verſchiebung der Lichtſtreifen ſtatt. Je ſtumpfer der Neigungswinkel der beiden Spiegelflächen oder je flacher das Prisma iſt, deſto mehr entfalten ſich die Farbenſtreifen, verlieren aber zugleich an Intenſität. Die paſſendſte Neigung findet man nur durch Verſuche. Ueberſichtlicher wird die Erſcheinung, wenn man ſich gleichartigen Lichtes bedient oder w. d., die Streifen durch ein farbiges Glas betrachtet. Dann ſieht man zwiſchen den leuchtenden Sreifen dunkle Zwiſchenräume. Berechnet man die Richtungen und Längen der von den Strahlen, welche an der Stelle der Streifen ſich ſchneiden, zurückgelegten Wege, ſo kommt man zu folgenden das Prinzip der Interferenz ausdrückenden Reſultaten: 1) der leuchtende Streifen mitten zwiſchen beiden Bildern entſteht aus Strahlen, die vom leuchtenden Punkte bis zum Durchſchnittspunkte gleiche Wege zurückgelegt haben. 2) Die erſten zwei leuchtenden Streifen, links oder rechts gegen den mittleren werden von Strahlen gebildet, deren Unterſchied der Wege derſelbe, = d, iſt. 3) Die zweiten Streifen rechts und links vom Winkel entſtehn durch Strahlen, deren Differenz der Wege = 2d. 4) Bei allen farbigen Streifen ſind im Allgemeinen die Differenzen der Wege: o, d, 2d, 3d, ... 5) Bei allen dunklen Streifen ſind die Differenzen der Wege: $\frac{1}{2}$d, $\frac{3}{2}$d .... 6) der abſolute Werth von d iſt für verſchiedenartige Strahlen verſchieden, für Roth an größten und für Violet an kleinſten. Fraunhofer (bei ſeinen Verſuchen über Beugung, ſ. d. A.) hat folgende Werthe gefunden: d iſt für roth = 0,00002422 Par. Zoll; orange = 0,00002175; grün = 0,00001945; blau = 0,00001794; dunkelblau = 0,00001587; violet = 0,00001464. 7) die Größe der Verrückung durch Einſchieben eines heterogenen Mittels richtet ſich nach dem Verhältniß zwiſchen den Brechungsexponenten der Mittel. 8) das Reſultat der Interferenz von Strahlen, deren einige von einem mehr brechenden Mittel in ein minder brechendes reflectirt werden, während bei den anderen das Gegentheil ſtattfindet, iſt jenen der Strahlen, die insgeſammt von einem mehr brechenden in ein minder brechendes Mittel kommen oder umgekehrt gehen, gerade entgegengeſetzt, und es erſcheint demnach alles dunkel, wenn die Differenz der Wege o, d, 2d ꝛc.; hingegen licht, wenn die Differenz $\frac{1}{2}$d, $\frac{3}{2}$d, $\frac{5}{2}$d ꝛc. iſt. Hieraus erklären ſich nun die Farbenerſcheinungen bei weißem Licht; wo nämlich beim einfarbigen Lichte Dunkelheit ſtattfindet, wird beim weißen Lichte nur eine Farbe weggenommen und die Miſchfarbe der übrigen Farben tritt auf Farbe. (Vergl. d. Art.) Die Interferenzerſcheinungen würden noch viel häufiger wahrgenommen werden, wenn nicht Bedingung wäre, daß die Strahlen von ganz gleichartigen Lichtquellen kommen, und der Unterſchied ihrer Wege ſehr klein ſein muß. Man hat aber aus der Interferenz namentlich die Farben dünner Plättchen, die Anwandlungen, die Beugungserſcheinungen (ſ. d. beſ. Art.) durch ſtreng mathematiſche Behandlung auf das vollſtändigſte und überraſchendſte erklärt.

Ende des vierten und letzten Bandes.

Reſt derſelben, ſo findet eine Verſchiebung der Lichtſtreifen ſtatt. Je ſtumpfer der Neigungswinkel der beiden Spiegelflächen oder je flacher das Prisma iſt, deſto mehr entfalten ſich die Farbenſtreifen, verlieren aber zugleich an Intenſität. Die paſſendſte Neigung findet man nur durch Verſuche. Ueberſichtlicher wird die Erſcheinung, wenn man ſich gleichartigen Lichtes bedient oder w. d., die Streifen durch ein farbiges Glas betrachtet. Dann ſieht man zwiſchen den leuchtenden Sreifen dunkle Zwiſchenräume. Berechnet man die Richtungen und Längen der von den Strahlen, welche an der Stelle der Streifen ſich ſchneiden, zurückgelegten Wege, ſo kommt man zu folgenden das Prinzip der Interferenz ausdrückenden Reſultaten: 1) der leuchtende Streifen mitten zwiſchen beiden Bildern entſteht aus Strahlen, die vom leuchtenden Punkte bis zum Durchſchnittspunkte gleiche Wege zurückgelegt haben. 2) Die erſten zwei leuchtenden Streifen, links oder rechts gegen den mittleren werden von Strahlen gebildet, deren Unterſchied der Wege derſelbe, = d, iſt. 3) Die zweiten Streifen rechts und links vom Winkel entſtehn durch Strahlen, deren Differenz der Wege = 2d. 4) Bei allen farbigen Streifen ſind im Allgemeinen die Differenzen der Wege: o, d, 2d, 3d, ... 5) Bei allen dunklen Streifen ſind die Differenzen der Wege: $\frac{1}{2}$d, $\frac{3}{2}$d .... 6) der abſolute Werth von d iſt für verſchiedenartige Strahlen verſchieden, für Roth an größten und für Violet an kleinſten. Fraunhofer (bei ſeinen Verſuchen über Beugung, ſ. d. A.) hat folgende Werthe gefunden: d iſt für roth = 0,00002422 Par. Zoll; orange = 0,00002175; grün = 0,00001945; blau = 0,00001794; dunkelblau = 0,00001587; violet = 0,00001464. 7) die Größe der Verrückung durch Einſchieben eines heterogenen Mittels richtet ſich nach dem Verhältniß zwiſchen den Brechungsexponenten der Mittel. 8) das Reſultat der Interferenz von Strahlen, deren einige von einem mehr brechenden Mittel in ein minder brechendes reflectirt werden, während bei den anderen das Gegentheil ſtattfindet, iſt jenen der Strahlen, die insgeſammt von einem mehr brechenden in ein minder brechendes Mittel kommen oder umgekehrt gehen, gerade entgegengeſetzt, und es erſcheint demnach alles dunkel, wenn die Differenz der Wege o, d, 2d ꝛc.; hingegen licht, wenn die Differenz $\frac{1}{2}$d, $\frac{3}{2}$d, $\frac{5}{2}$d ꝛc. iſt. Hieraus erklären ſich nun die Farbenerſcheinungen bei weißem Licht; wo nämlich beim einfarbigen Lichte Dunkelheit ſtattfindet, wird beim weißen Lichte nur eine Farbe weggenommen und die Miſchfarbe der übrigen Farben tritt auf Farbe. (Vergl. d. Art.) Die Interferenzerſcheinungen würden noch viel häufiger wahrgenommen werden, wenn nicht Bedingung wäre, daß die Strahlen von ganz gleichartigen Lichtquellen kommen, und der Unterſchied ihrer Wege ſehr klein ſein muß. Man hat aber aus der Interferenz namentlich die Farben dünner Plättchen, die Anwandlungen, die Beugungserſcheinungen (ſ. d. beſ. Art.) durch ſtreng mathematiſche Behandlung auf das vollſtändigſte und überraſchendſte erklärt.

Ende des vierten und letzten Bandes.

Reſt derſelben, ſo findet eine Verſchiebung der Lichtſtreifen ſtatt. Je ſtumpfer der Neigungswinkel der beiden Spiegelflächen oder je flacher das Prisma iſt, deſto mehr entfalten ſich die Farbenſtreifen, verlieren aber zugleich an Intenſität. Die paſſendſte Neigung findet man nur durch Verſuche. Ueberſichtlicher wird die Erſcheinung, wenn man ſich gleichartigen Lichtes bedient oder w. d., die Streifen durch ein farbiges Glas betrachtet. Dann ſieht man zwiſchen den leuchtenden Sreifen dunkle Zwiſchenräume. Berechnet man die Richtungen und Längen der von den Strahlen, welche an der Stelle der Streifen ſich ſchneiden, zurückgelegten Wege, ſo kommt man zu folgenden das Prinzip der Interferenz aus drückenden Reſultaten: 1) der leuchtende Streifen mitten zwiſchen beiden Bildern entſteht aus Strahlen, die vom leuchtenden Punkte bis zum Durchſchnittspunkte gleiche Wege zurückgelegt haben. 2) Die erſten zwei leuchtenden Streifen, links oder rechts gegen den mittleren werden von Strahlen gebildet, deren Unterſchied der Wege derſelbe, = d, iſt. 3) Die zweiten Streifen rechts und links vom Winkel entſtehn durch Strahlen, deren Differenz der Wege = 2d. 4) Bei allen farbigen Streifen ſind im Allgemeinen die Differenzen der Wege: o, d, 2d, 3d, ... 5) Bei allen dunklen Streifen ſind die Differenzen der Wege: $\frac{1}{2}$d, $\frac{3}{2}$d .... 6) der abſolute Werth von d iſt für verſchiedenartige Strahlen verſchieden, für Roth an größten und für Violet an kleinſten. Fraunhofer (bei ſeinen Verſuchen über Beugung, ſ. d. A.) hat folgende Werthe gefunden: d iſt für roth = 0,00002422 Par. Zoll; orange = 0,00002175; grün = 0,00001945; blau = 0,00001794; dunkelblau = 0,00001587; violet = 0,00001464. 7) die Größe der Verrückung durch Einſchieben eines heterogenen Mittels richtet ſich nach dem Verhältniß zwiſchen den Brechungsexponenten der Mittel. 8) das Reſultat der Interferenz von Strahlen, deren einige von einem mehr brechenden Mittel in ein minder brechendes reflectirt werden, während bei den anderen das Gegentheil ſtattfindet, iſt jenen der Strahlen, die insgeſammt von einem mehr brechenden in ein minder brechendes Mittel kommen oder umgekehrt gehen, gerade entgegengeſetzt, und es erſcheint demnach alles dunkel, wenn die Differenz der Wege o, d, 2d ꝛc.; hingegen licht, wenn die Differenz $\frac{1}{2}$d, $\frac{3}{2}$d, $\frac{5}{2}$d ꝛc. iſt. Hieraus erklären ſich nun die Farbenerſcheinungen bei weißem Licht; wo nämlich beim einfarbigen Lichte Dunkelheit ſtattfindet, wird beim weißen Lichte nur eine Farbe weggenommen und die Miſchfarbe der übrigen Farben tritt auf Farbe. (Vergl. d. Art.) Die Interferenzerſcheinungen würden noch viel häufiger wahrgenommen werden, wenn nicht Bedingung wäre, daß die Strahlen von ganz gleichartigen Lichtquellen kommen, und der Unterſchied ihrer Wege ſehr klein ſein muß. Man hat aber aus der Interferenz namentlich die Farben dünner Plättchen, die Anwandlungen, die Beugungserſcheinungen (ſ. d. beſ. Art.) durch ſtreng mathematiſche Behandlung auf das vollſtändigſte und überraſchendſte erklärt.

Ende des vierten und letzten Bandes.

Reſt derſelben, ſo findet eine Verſchiebung der Lichtſtreifen ſtatt. Je ſtumpfer der Neigungswinkel der beiden Spiegelflächen oder je flacher das Prisma iſt, deſto mehr entfalten ſich die Farbenſtreifen, verlieren aber zugleich an Intenſität. Die paſſendſte Neigung findet man nur durch Verſuche. Ueberſichtlicher wird die Erſcheinung, wenn man ſich gleichartigen Lichtes bedient oder w. d., die Streifen durch ein farbiges Glas betrachtet. Dann ſieht man zwiſchen den leuchtenden Sreifen dunkle Zwiſchenräume. Berechnet man die Richtungen und Längen der von den Strahlen, welche an der Stelle der Streifen ſich ſchneiden, zurückgelegten Wege, ſo kommt man zu folgenden das Prinzip der Interferenz ausdrückenden Reſultaten: 1) der leuchtende Streifen mitten zwiſchen beiden Bildern entſteht aus Strahlen, die vom leuchtenden Punkte bis zum Durchſchnittspunkte gleiche Wege zurückgelegt haben. 2) Die erſten zwei leuchtenden Streifen, links oder rechts gegen den mittleren werden von Strahlen gebildet, deren Unterſchied der Wege derſelbe, = d, iſt. 3) Die zweiten Streifen rechts und links vom Winkel entſtehn durch Strahlen, deren Differenz der Wege = 2d. 4) Bei allen farbigen Streifen ſind im Allgemeinen die Differenzen der Wege: o, d, 2d, 3d, ... 5) Bei allen dunklen Streifen ſind die Differenzen der Wege: $\frac{1}{2}$d, $\frac{3}{2}$d .... 6) der abſolute Werth von d iſt für verſchiedenartige Strahlen verſchieden, für Roth an größten und für Violet an kleinſten. Fraunhofer (bei ſeinen Verſuchen über Beugung, ſ. d. A.) hat folgende Werthe gefunden: d iſt für roth = 0,00002422 Par. Zoll; orange = 0,00002175; grün = 0,00001945; blau = 0,00001794; dunkelblau = 0,00001587; violet = 0,00001464. 7) die Größe der Verrückung durch Einſchieben eines heterogenen Mittels richtet ſich nach dem Verhältniß zwiſchen den Brechungsexponenten der Mittel. 8) das Reſultat der Interferenz von Strahlen, deren einige von einem mehr brechenden Mittel in ein minder brechendes reflectirt werden, während bei den anderen das Gegentheil ſtattfindet, iſt jenen der Strahlen, die insgeſammt von einem mehr brechenden in ein minder brechendes Mittel kommen oder umgekehrt gehen, gerade entgegengeſetzt, und es erſcheint demnach alles dunkel, wenn die Differenz der Wege o, d, 2d ꝛc.; hingegen licht, wenn die Differenz $\frac{1}{2}$d, $\frac{3}{2}$d, $\frac{5}{2}$d ꝛc. iſt. Hieraus erklären ſich nun die Farbenerſcheinungen bei weißem Licht; wo nämlich beim einfarbigen Lichte Dunkelheit ſtattfindet, wird beim weißen Lichte nur eine Farbe weggenommen und die Miſchfarbe der übrigen Farben tritt auf Farbe. (Vergl. d. Art.) Die Interferenzerſcheinungen würden noch viel häufiger wahrgenommen werden, wenn nicht Bedingung wäre, daß die Strahlen von ganz gleichartigen Lichtquellen kommen, und der Unterſchied ihrer Wege ſehr klein ſein muß. Man hat aber aus der Interferenz namentlich die Farben dünner Plättchen, die Anwandlungen, die Beugungserſcheinungen (ſ. d. beſ. Art.) durch ſtreng mathematiſche Behandlung auf das vollſtändigſte und überraſchendſte erklärt.

Ende des vierten und letzten Bandes.

Bayerische StaatsBibliothek
Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Marbach, Gotthard Oswald,

Populäres physikalisches Lexikon oder Handwörterbuch der gesammten Naturlehre für die Gebildeten aus allen Ständen

Bd.: 4

Leipzig 1837

Phys.g. 270 x-4/5
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10131505-6